Das populäre Magazin für ... und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

MIT GROSSEM MESSIER-POSTER

ASTRONOMIE HEUTE

SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

Juli/August
7-8 / 2006
€ 6,50 / sFr 12,50

STERNENSTAUB

Woher der Stoff kommt, ohne den es kein Leben gäbe

ZWERGENAUFSTAND

Minigalaxien mischen die Milchstraße auf

GALILEO AM START

Europa entwickelt eigene Satellitennavigation

60463

JENSEITS DES HORIZONTS

Die Entdeckung der Wandelsterne

EINSCHLAG AUF DEM MOND

Smart-1 auf Kollisionskurs

08
4 196046 306506

Oliver Dreissigacker
Redaktionsleiter

»Kohle machen …«

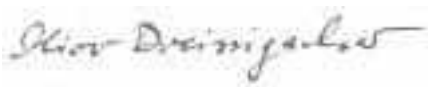
Liebe Leserinnen und Leser, wer wollte nicht wissen, wie das geht? Für Astronomen ist das ein ganz spezielles Thema. Damit meine ich jetzt nicht den ständigen Kampf der Wissenschaftler um Verlängerung ihrer Stellen, Förderung ihrer Forschungsvorhaben oder Drittmittel für ihre Promotionsstudenten, Post-Docs und Instrumente. Vielmehr geht es in unserem Titelthema um eines der großen Rätsel der Astronomie und Physik: Wo kommt der Kohlenstoff her, ohne den wir Lebewesen auf der Erde nicht existieren würden?

Harald Lesch von der Unisternwarte München – bekannt durch seine Fernsehsendung alpha centauri – und sein Doktorand Josef Gaßner haben sich dieses Themas angenommen. Darin geht es auch um die Frage, ob sich Leben auf einer anderen chemischen Grundlage entwickeln kann. Wie Lesch im Interview mit ASTRONOMIE HEUTE (AH 5/2006, S. 29) verriet, ist Mr. Spock vom Raumschiff Enterprise sein Lieblings-Alien. Ich fühlte mich bei diesem Artikel sofort an den ersten Star-Trek-Kinofilm erinnert. Dort kehrt eine (fiktive) Voyager-Raumsonde nach der Modifikation durch eine siliziumbasierte außerirdische Intelligenz zur Erde zurück und klassifiziert die »Kohlenstoffeinheiten« als minderwertige Lebensform.

Fakt ist natürlich: Auf unserem Planeten hat sich die Evolution auf der Kohlenstofflinie abgespielt. Warum dies klappen konnte, erklären Lesch und Gaßner – lesen Sie ihren Artikel ab S. 28. Und dass Sie dies können, liegt natürlich nicht zuletzt am Kohlenstoff – in der Zellulose des Papiers und den Rußpigmenten der Druckerschwärze!

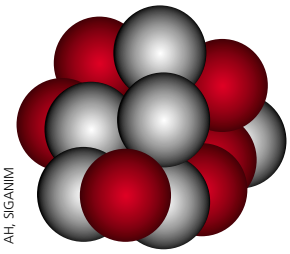
Besonders reichlich hiervon haben wir für die Zugabe dieses Hefts benötigt – das Messier-Poster mit den 110 Deep-Sky-Objekten der Liste des französischen Astronomen. ASTRONOMIE HEUTE-Leser Martin Wagner lichtete sie alle ab. Mehr über dieses Projekt und Tipps zum Selbstbeobachten finden Sie in der Rubrik »Nachgeschaut« auf S. 62.

Viel Spaß beim Schmökern wünscht herzlichst



NOAO

Der Pferdekopfnebel ist die wohl bekannteste Dunkelwolke. Kohlenstoff macht's möglich!



AH, SIGANIM

Je sechs Neutronen und positiv geladene Protonen schwirren in einem Kohlenstoffkern umeinander.

MARTIN WAGNER

M wie viel? Unser Messier-Poster mit Fotos von Martin Wagner gibt die Antwort: M 101!

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Tritons Geschichte, Saturns schnelle Rotation, Dünen auf Titan u. a.

▶ **Mit Galileo zum Ziel** 12
Europa schafft ein eigenes Satellitennetz zur globalen Ortsbestimmung

▶ **Entdecker der Planeten** 16
Ein Rückblick auf die Erkundung unseres Sonnensystems

▶ **Zwergenaufstand** 24
Die unmittelbaren Nachbarn unserer Milchstraße sind Zwerggalaxien

▶ **Kohlenstoffsynthese** 28
Ohne dieses Element gäbe es weder die Erde noch uns. Wo entsteht es?

BEOBACHTUNG

Planetarium 35
Schütze und Skorpion sind nur für kurze Zeit gut zu beobachten

Nahaufnahme 38
Blaue Riesen: Uranus und Neptun erscheinen fast wie Sterne

Feldstechertipp 41
Albireo: Doppelstern in Orange-Blau

Südhimmel 42
Auf Lacailles Spuren unbekannte Sternbilder erkunden

Sterntafel 46
Der Nachthimmel im Überblick

Schauplatz Mond 48
Rätselhafte Kraterstrahlen

▶ **Highlight** 50
Smart-1 auf Mond-Kollisionskurs

SZENE

Unterwegs 52
Ein Teleskop, das Trugbilder zeigt

Planetarien 56
Das Projektionsplanetarium wird 80

Kippenhahns Sternstunde 60
Als das All noch Grenzen hatte

Nachgeschaut 62
Messier: vom Katalog zum Poster

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

Milchstraße in Aufruhr 24

Im Zuge von Himmelsdurchmusterungen entdeckten Astronomen mehrere Zwerggalaxien, die sich am Rand unseres Sternsystems tummeln

TITEL 28

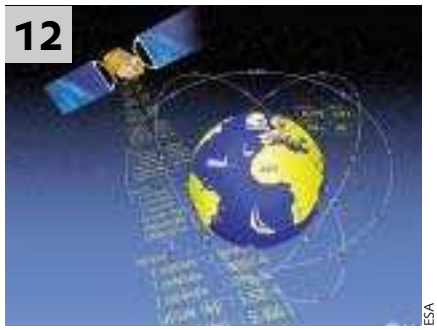
NOAO

Sternenstaub überall Nach dem Urknall gab es im Kosmos nur Wasserstoff und Helium. Wie wurde der allgegenwärtige Kohlenstoff gebildet?

Sag mir, wo ich steh

Europa entwickelt mit dem satellitengestützten Ortungssystem Galileo ein Gegenstück zum US-amerikanischen GPS. Doch das ehrgeizige Projekt kämpft mit Startschwierigkeiten

12



ESA

Wandelsterne im Visier

Zufälle, Misserfolge, Tragödien: Die Entdeckung unseres Planetensystems war ein Auf und Ab. Und sie ist nicht zu Ende

16

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

wis
wissenschaft in die schulen!

ECKHARD SLAWIK

ESA

Bruchlandung

Bei ihrem geplanten Absturz wird die Raumsonde Smart-1 einen Krater auf dem Mond schlagen. Lässt sich das Ereignis mit Amateurteleskopen verfolgen?

MARTIN WAGNER

Der Bericht zum Poster

Auf Messiers Spuren

Der Astrofotograf Martin Wagner hat die 110 schönsten Himmelsobjekte abgelichtet. Bei uns finden Sie seine Aufnahmen als Poster

Doppelt hält besser 66

Mit zwei Augen sind astronomische Objekte oft besser zu erkennen. Wir schickten zwei Binokularansätze auf die Teststrecke

STEFAN SEIP

TIPPS

Testreport 66
Preisgünstige Bino-Ansätze von Astrocom und Baader Planetarium

Glanzlichter 70
Kometenbilder und mehr

Hochglanz 75
So können Sie nachträglich leichte Fehler beim Nachführen korrigieren

AH-Junior 76
Lunic & Sonja erklären die Sonne und ihre Flecken

Screenshot 80
Drehbare Sternkarten im Eigenbau

Einsteigerecke 82
Was tun gegen Lichtverschmutzung?

Bücher 84

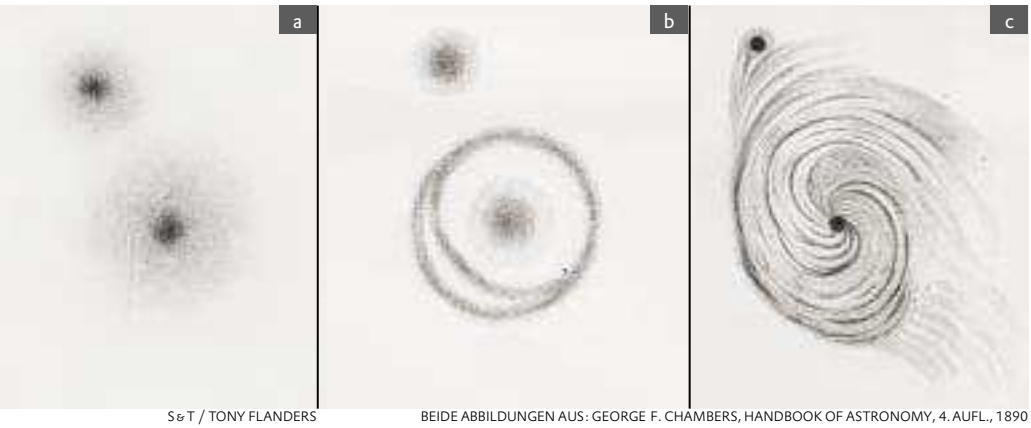
TV & Events 86

3 Editorial • 6 Leserbriefe • 7 Leser fragen – Experten antworten • 88 Preisrätsel • 89 Astromarkt • 90 Vorschau / Impressum

Titel: Beim Blick ins All zeigt sich Kohlenstoff in Form von Dunkelwolken wie dem Pferdekopfnebel vor dem Hintergrund von Sternen und Nebeln

Pferdekopfnebel: NOAO; unten links: AKG Berlin; unten rechts: Esa

LESERBRIEFE



S & T / TONY FLANDERS

BEIDE ABBILDUNGEN AUS: GEORGE F. CHAMBERS, HANDBOOK OF ASTRONOMY, 4. AUFL., 1890

Genau hingeschaut

»Kosmischer Whirlpool«
AH 6/2006, S. 46

Die linke Zeichnung auf S. 46 (oben, Bild a) gibt nicht Messiers Beobachtung von 1773 wieder. Die Kombination von Text im Bild und Abbildungstext ist hier etwas irreführend. Die Doppelstruktur wurde erstmals von Pierre Méchain am 21. 3. 1781 mit einem Drei-Zoll-Refraktor (7,6 Zentimeter Öffnung) gesehen.

Zur mittleren Zeichnung (oben, Bild b) und auch zum Text (S. 46, dritte Spalte, oben) ist zu bemerken: John Herschel benutzte einen 18,7-Zoll-Reflektor, das sind 47,5 Zentimeter Öffnung.

Die rechte Skizze (oben, Bild c) ist nicht Lord Rosses (erste) Zeichnung von 1845, sondern seine letzte (und beste) von 1850 (hier hätte ich allerdings NGC 5195 nicht abgeschnitten!).

Wolfgang Steinicke, per E-Mail

Bilder vom Mars

»Europas Logenplatz am Mars«
AH 4/2006, S. 26

Vielen Dank für die lang ersehnten Marsaufnahmen. Ich gehe davon aus, dass Sie in Zukunft weitere solch eindrückliche Detailaufnahmen publizieren werden.

Hans Ackermann, Balzers, Liechtenstein

Schnellste Sterne

»Und tschüss!«, AH 4/2006, S. 8

In der Aprilausgabe berichteten Sie über die Entdeckung von Hyper Velocity Stars. Mich würde nun interessieren, ob von diesen auch eine Eigenbewegung bekannt ist. In (Schul-)Büchern findet man als Maximum 10,31 Bogensekunden pro Jahr für Barnards Pfeilstern. Wird dieser Wert übertroffen?

Georg Bauer, Farchant

Antwort der Redaktion:
Die Hochgeschwindigkeitssterne oder Hyper Velocity Stars bewegen sich mit Geschwindigkeiten von einigen hundert Kilometern pro Sekunde zwar extrem schnell. Mit Entfernungen von etlichen tausend Lichtjahren sind sie aber auch sehr weit von uns weg. Daher erwartet man auf Grund von Rechenmodellen für ihre Eigenbewegungen nur winzig kleine Werte. Diese liegen im Bereich von Bruchteilen bis zu einigen Millibogensekunden pro Jahr. So genau können wir mit der heutigen Technik aber noch nicht messen. Der Astrometriesatellit Gaia, der im Jahr 2011 seine Arbeit im Weltraum aufnehmen soll (AH 5/2006, S. 14), wird diese kleinen Winkel tatsächlich sehen können.

Barnards Pfeilstern bleibt also der unangefochtene Spitzenreiter unter den Schnellläufern. Er bewegt sich absolut gesehen zwar wesentlich langsamer als die Hochgeschwindigkeitssterne, steht mit einer Entfernung von rund sechs Lichtjahren aber direkt vor unserer Haustür. Ein Auto, das an uns vorüberfährt, bewegt sich auch deutlich schneller durch unser Gesichtsfeld als ein Flugzeug in zehn Kilometer Höhe.

ECKHARD SLAWIK

Pfeilschnell saust Barnards Stern durch den Schlangenträger, dreieinhalb Grad östlich von Cebalrai. Richten Sie Ihr Teleskop aus – sehen Sie den Unterschied zu diesem Foto von 1996?

Gut aufgepasst hat Wolfgang Steinicke, der Experte der VdS. Die Bildbeschriftung war nicht korrekt (siehe Leserbrief) und das rechte Feld zu groß skaliert. Ein Foto von M 51 ist als Glanzlicht auf S. 73 zu sehen.

Kosmischer Rekordhalter

»Seltsame Radiosignale verblüffen Forscher«, AH 4/2006, S. 9

Sie schreiben, der Rekord des schnellsten Pulsars liege bei 716 Umdrehungen pro Minute. Die Fachliteratur berichtet hingegen von Rekordhaltern mit Pulsperioden von 0,0015 Sekunden. Das entspricht jedoch 666,67 Umdrehungen pro Sekunde oder 40 000 Umdrehungen pro Minute.

Gerd Höglinger, Rosenheim

Antwort der Redaktion:
Da haben Sie natürlich Recht. Schließlich spricht man bei solchen extrem schnell rotierenden Neutronensternen ja von Millisekunden- und nicht vom Milliminutenpulsaren.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

»Leser fragen – Experten antworten«

Warum bestehen Planeten wie Jupiter oder Saturn hauptsächlich aus Gas, ihre Monde jedoch überwiegend aus Gestein? Steffen Lorenz, per E-Mail

Bei der Sternentstehung verdichtet sich das Innere einer Molekülwolke zu einem Protostern. Die Wolke und die sich daraus entwickelnde protoplanetare Scheibe werden nach innen dichter und wärmer. Gas und Staub sind gut durchmischt. Bei der Sonne war diese Scheibe im Abstand von etwa drei bis vier Astronomischen Einheiten kühl genug, sodass Kohlenmonoxid (CO) auf der Oberfläche der Staubteilchen ausfrieren konnte. Da sich bei kleineren Entfernungen keine CO-Eishüllen bilden können, bezeichnet man diesen Abstand als Schneegrenze.

Bei Staubkörnern wirkt solch ein Eismantel wie Klebstoff. Sie klumpen sich zu immer größeren Gebilden zusammen. Die meisten von diesen Planetesimalen entstanden nahe der Eisgrenze. Sobald sich aus ihnen der Protojupiter mit etwa zehn Erdmassen gebildet hatte, sammelte dieser rasch das ihn umgebende Wasserstoffgas ein und entwickelte sich so zu einem Gasplaneten mit etwa 317 Erdmassen. Die Entstehung von Saturn lief ähnlich ab. Uranus und Neptun haben auch feste Kerne. Jenseits der Neptunbahn konnten keine weiteren Riesenplaneten entstehen, da die Gas- und Staubdichte in der protoplanetaren Scheibe zu gering war. Die Monde der Gasriesen bildeten sich aus Planetesimalen und Kometen, die sie erst in der Spätphase der Entstehung des Sonnensystems einfangen konnten.

Im inneren Sonnensystem (innerhalb der Schneegrenze) fehlte es den Staubteilchen am Kleber, weshalb dort nur Protoplaneten mit Bruchteilen einer Erdmasse entstanden. Sie waren zu massearm, um große Mengen Gas an sich zu binden. Mit dem Zünden der Kernfusion in unserem Zentralgestirn wurde das im inneren Sonnensystem verbliebene Gas herausgeweht, sodass sich die heutige Dreiteilung in erdähnliche Planeten, Gasriesen und den Kuiper-Gürtel als Überbleibsel der protoplanetaren Scheibe herausbildete. **>> Wolfgang Brandner**

Der Autor erforscht Sternentstehung am MPI für Astronomie in Heidelberg.

NASA

Gasriesen wie Jupiter haben tief im Planeteninnern auch einen Kern aus Gestein.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Stella I und Stella II arbeiten auch ohne Astronomen. Sie werden von einer intelligenten Software gesteuert.

AIP

EXTRASOLARE PLANETEN I

Roboterteleskope auf Teneriffa

Mitte Mai hat das Astrophysikalische Institut Potsdam (AIP) auf Teneriffa zwei neue Teleskope in Betrieb genommen. Stella ist ein vollkommen selbstständig arbeitendes Observatorium. Die beiden automatischen 1,2-Meter-Spiegel auf dem Gelände des in 2400 Meter Höhe gelegenen Observatorio del Teide werden allein mit Hilfe einer intelligenten, also lernfähigen Software gesteuert.

Mit den robotischen Teleskopen Stella I und Stella II wollen die Forscher erdähnliche Planeten aufspüren. Dabei gilt es, die Transits, ihr kurzzeitiges Passieren vor Sternen, zu erfassen. Dazu soll der Himmel systematisch abgesucht werden – eine Aufgabe, die sich mit einem automatischen Fernrohr besonders gut bewerkstelligen lässt. Mit den beiden Teleskopen lassen sich gleichzeitig die Spektren und die Radialgeschwindigkeiten eines Objekts messen.

Zudem lädt das AIP Schülerinnen und Schüler zum Mitmachen ein. Mit der Achtzig-Zentimeter-Version RoboTel können sie lernen, wie die Teleskope mit künstlicher Intelligenz funktionieren.

EXTRASOLARE PLANETEN II

Dreierpack

Auf ein ungewöhnliches Planetensystem sind Forscher in unserer Nachbarschaft gestoßen. In nur 41 Lichtjahren Entfernung entdeckten Forscher um Christophe Lovis vom Observatoire de Genève gleich drei Planeten. Sie sind alle etwa so groß wie Neptun. Bemerkenswert ist, dass der äußerste in einer Entfernung kreist, in der es Wasser in seiner flüssigen Form geben könnte.

Lovis und seine Kollegen hatten die Planeten entdeckt, nachdem sie die winzigen Geschwindigkeitsänderungen des Sterns HD 69830 gemessen hatten, die von deren Schwerefeldern verursacht werden. Die Berechnungen ergaben, dass der innerste Planet etwa zehnmal so massereich ist wie die Erde, vermutlich aus Gestein besteht und ungefähr neun Tage braucht, um HD 69830 einmal zu umkreisen.

Der mittlere des Trios verfügt über ungefähr die zwölffache Erdmasse und benötigt knapp fünf Wochen für eine Umrundung. Der äußerste Planet ist 18-mal so massereich wie die Erde und umkreist den Stern in 197 Tagen. Er verfügt offenbar über einen festen Kern aus Eis und Gestein sowie eine dichte Atmosphäre.

Die Forscher gehen nicht davon aus, dass sich hier Leben entwickelt hat. Die Ähnlichkeit mit unserem Sonnensystem sei jedoch bemerkenswert und könne helfen, die Bildung von Planeten in der Zone möglichen Lebens besser zu verstehen.

ERDNAHER ASTEROID

Gefahr gering

Es wird eng in zwei Jahren. Dann rast der Asteroid 2006 HZ51 in gerade einmal 200 000 Kilometer Entfernung an der Erde vorbei – das entspricht nur wenig mehr als der Hälfte der Strecke von uns zum Mond.

Der Asteroid war erst am 27. April dieses Jahres bei einer automatischen Erkundung nach gefährlichen Objekten entdeckt worden. Sein Durchmesser beträgt rund 800 Meter; er ist somit der bislang größte Brocken, der uns so nahe kommt. Sollte er auf Land treffen, würden ganze Städte und Landstriche zerstört. Globale Klimaveränderungen wären die Folge. Sollte er ins Meer stürzen, könnten Milliarden Menschen Opfer von Flutkatastrophen werden.

Die Forscher sind indes wenig beunruhigt. Ihre Berechnungen ergaben nämlich, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Kollision nur bei etwa 1 zu 6,7 Millionen liegt. Bis zum Jahr 2103 wird 2006 HZ51 insgesamt 165-mal besonders nahe an der Erde vorbeifliegen.

MONDMISSION

Steinschlag

Auch wenn seit den Apollo-Missionen Jahrzehnte vergangen sind – die von den Astronauten durchgeführten Seismometermessungen könnten die Arbeit zukünftiger Mondbesucher sicherer machen. Denn die Daten erhalten wertvolle Informationen über die Zahl von Meteoriteneinschlägen. Jetzt wollen Nasa-Forscher des Marshall Space Flight Center in Huntsville die Aufzeichnungen erneut auswerten.

Bis 1977 waren von den Instrumenten alles in allem etwa 12 000 Erschütterungen registriert worden. Davon stammen bis zu 6000 von Mondbeben. Genau 1743 Ereignisse wurden bis jetzt den Einschlägen von Meteoriten zugeschrieben. Die neuerliche Analyse soll nun klären, ob unter den restlichen Signalen weitere Einschläge zu identifizieren sind.

Übrigens reichte die Empfindlichkeit der Geräte allenfalls für die Aufzeichnung von mindestens zehn Zentimeter großen Brocken. Über die Zahl kleinerer Einschläge ist deshalb wenig bekannt.

NEPTUN

Tritons seltsame Vergangenheit

Triton, der größte Mond des Neptuns, ist offenbar einst ein eigenständiger Miniplanet gewesen und erst später in das Schwerefeld des Gasriesen geraten. Wie Craig Agnor von der University of California in Santa Cruz und Douglas Hamilton von der University of Maryland in College Park berechneten, war Triton ursprünglich Teil eines Systems aus zwei Planetesimalen (siehe Leserbriefe S. 7).

Ihren Computersimulationen zufolge wurde das Paar in der Nähe von Neptun getrennt. Seither kreist Triton um den Gasriesen, während sein Partner in die Fernen des Sonnensystems katapultiert wurde. Wie die beiden Forscher berichten, lässt sich die merkwürdige Umlaufbahn Tritons nur mit diesem Szenario erklären.

Triton ist mit rund 1,4 Plutomassen der größte Mond des Sonnensystems, der seinen Planeten auf einer irregulären Bahn umkreist. Zudem läuft er retrograd – also entgegen der üblichen Richtung – auf einer elliptischen Bahn. Seine Ähnlichkeit mit Pluto hatte schon verschiedene Theorien über eine gemeinsame Entstehung des jetzigen Neptun- und des auch heute noch aus mehreren Körpern bestehenden Pluto-Systems aufkommen lassen.

Tritons Oberfläche ist so kalt wie keine andere im Sonnensystem. Bei minus 235 Grad Celsius gefriert der größte Teil des atmosphärischen Stickstoffs und schlägt sich als Eis nieder. Dieses Falschfarbenmosaik besteht aus Bildern, die Voyager 2 im Jahr 1989 zur Erde funkte.

AUSSERIRDISCHE

Keine Ufos in Großbritannien

Vier Jahre lang hat das britische Verteidigungsministerium recherchiert und mehr als 10000 Zeugenaussagen analysiert. Jetzt ist es amtlich: In den vergangenen dreißig Jahren hat Großbritannien keinen Besuch von Außerirdischen bekommen. Alle Ufos, so heißt es, ließen sich auf bekannte Phänomene zurückführen.

Da in den meisten Fällen von bunten Lichterscheinungen und nicht von Objekten berichtet worden war, wolle man zudem von »Unidentifizierten Luftphänomenen« sprechen. Auch auf »militärisch relevante Technologien« habe man keinerlei Hinweise gefunden: »Nichts deutet darauf hin, dass es sich um das Eindringen von Flugobjekten außerirdischer oder fremder Herkunft handelte oder dass sie böse Absichten hatten«, heißt es in dem Bericht des bisher geheimen Projekts des Verteidigungsministeriums.

In der Regel meldeten mehrere hundert »meist ehrliche« Briten im Jahr ein Ufo. Fast immer seien natürliche Phänomene oder Flugzeuge der wahre Grund für die merkwürdigen Erscheinungen. Immerhin räumt man ein, dass die Entstehung gewisser farbiger Gaswolken »nicht vollständig geklärt« sei.

Der Bericht sei bisher übrigens nur deshalb geheim gehalten geworden, weil er Details über die britische Luftverteidigung enthält.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Kleine grüne Männchen waren es nicht. Da ist sich das britische Verteidigungsministerium sicher, nachdem es die Ufosichtungen der letzten dreißig Jahre ausgewertet hat.

CASSINI I

Dünen auf Saturnmond Titan

Auf Radarbildern vom Saturnmond Titan haben Forscher riesige Dünenfelder entdeckt – die allerdings nicht aus Sand, sondern aus Wassereis- oder Methankristallen bestehen. Ansonsten sind die bis zu 150 Meter hohen Strukturen, die sich über viele hundert Kilometer erstrecken, den irdischen Pendants recht ähnlich. Sie finden sich vornehmlich im Bereich des Titanäquators und sind das Ergebnis östlicher Winde.

Wie die Forscher um Ralph Lorenz von der University of Arizona in Tucson errechneten, wehen diese mit einer Geschwindigkeit von etwa zwei Kilometer pro Stunde. Dieser schwache Hauch reicht zur Anhäufung der riesigen Dünenfelder, weil sie aus Partikeln bestehen, die in ihrer Konsistenz gemahlenem Kaffee gleichen. Zudem erleichtert die geringe Schwerkraft die Verwehung.

Auf den Bildern der Raumsonde Cassini ist zu sehen, dass sich die Wüstenlandschaft in jenen dunklen Regionen findet, wo die Forscher bisher Ozeane aus flüssigem Methan vermuteten. Nach ihrer Ansicht kann es solche Meere auch nicht geben, weil jedwede Feuchtigkeit schon nach kurzer Zeit von den vom Wind bewegten Körnchen gebunden würde.

Die Dünen auf Titan ähneln denen in der Sahara, bestehen aber aus gefrorenem Wasser und Methan.

NASA, JPL

CASSINI II

Saturn rotiert schneller als die Erde

NASA, JPL / SSI

Genau auf die Ringebene
von Saturn trifft der Blick der Raumsonde Cassini. Als Punkt erkennbar: der Mond Enceladus.

Fast 400 Jahre, nachdem Galileo Galilei die Ringe des Saturns entdeckte, gelang einem Team um Giacomo Giampieri vom Jet Propulsion Laboratory in Pasadena nun die Messung einer nicht minder fundamentalen Eigenschaft des Gasriesen: der Länge eines Tages. Das war bisher daran gescheitert, dass der Saturn zwar über einen Kern aus Gestein und Eis verfügt, aber keine feste Oberfläche hat und zudem unter einer dichten Wolkendecke verborgen ist.

Erst mit der Raumsonde Cassini war es möglich, periodische Veränderungen im Magnetfeld zu messen, die ihrerseits Ausdruck der Rotation sind. Jetzt steht fest: Der Saturn, dessen Volumen mehr als 750-mal so groß ist wie das der Erde, dreht sich in nur 10 Stunden, 47 Minuten und 6 Sekunden einmal um die eigene Achse.

Bislang hatte man versucht, die Rotationsdauer mit Hilfe von Radiowellen zu bestimmen, doch schwanken die Angaben zwischen etwa 10 Stunden und 39 Minuten und 10 Stunden und 46 Minuten. Giampieri und seine Kollegen sind hingegen sicher, dass ihre Berechnungen allenfalls um vierzig Sekunden falsch liegen.

Die Kenntnis der genauen Tageslänge verrät Astronomen manches über den inneren Aufbau und die Zusammensetzung des Planeten. Mit den präzisen Messungen kann nun auch die Größe des Saturnkerns neu berechnet werden.

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

NEU: 20x80 Groß-Fernglas mit Panorama-Montierung und Stativ - ***nur € 975,00***

Sehr gute Qualität!

Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK Astro-Kuppeln

sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Fraunhoferstraße 14
D-82152 MÜNCHEN-Martinsried
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de

Mit Galileo zum Ziel

Europa will unabhängiger von den Amerikanern werden – und entwickelt ein eigenes Satellitensystem zur weltweiten Positionsbestimmung.

>> Frank Schubert

Es gibt sie noch, jene Autofahrer, die auf der Suche nach dem richtigen Weg verzweifelt durch die Gegend irren – eine Hand am Steuer, die andere im aufgeschlagenen Straßenatlas. Doch schon bald könnten sie der Vergangenheit angehören. Die herkömmliche Methode, sich an der Landkarte zu orientieren, stirbt aus. Immer größer wird die Zahl der Fahrzeuglenker, die sich von einem Satellitennavigationssystem leiten lassen.

Ende 2005 besaßen geschätzte zwölf Millionen europäische Autofahrer ein Navigationsgerät, ein Jahr zuvor waren es noch sieben Millionen, wie der ADAC mitteilt. Volkswagen rüstete 2002 jedes zehnte seiner Autos für den deutschen Markt mit einem solchen Gerät aus, 2005 war es bereits jedes fünfte. Bei Audi bestellen die Kunden in den teuren Fahrzeugklassen sogar schon jeden zweiten Wagen mit Navigationssystem – und die Nachfrage steigt.

Die Zahlen sprechen eine klare Sprache: Navigationsgeräte verkaufen sich blendend und werden künftig noch gefragter sein. Nicht nur in Autos, auch im Flugzeug-, Schiffs- und Eisenbahnverkehr haben sie längst Einzug gehalten. Dazu kommen Wanderer, Kanufahrer, Radsportler und etliche andere, die die Vorteile dieser Technik zunehmend für sich entdecken.

Fast alle heutigen Navigationsgeräte funktionieren auf Basis des US-amerikanischen Satellitensystems GPS (Global Positioning System). Es untersteht teils dem Verteidigungs-, teils dem Transportministerium der Vereinigten Staaten. Ursprünglich diente es vorwiegend militärischen Zwecken. Weil es aber bis heute keine vergleichbaren Konkurrenten hat, setzte es sich auch in der zivilen Nutzung durch und erlangte eine weltweite Monopolstellung. Ein einträgliches Geschäft: »Jedes Jahr werden mit GPS-Anwendungen Umsätze in mehrstelliger Milliardenhöhe erwirtschaftet«, sagt John Dow. Er ist der Leiter des Büros für Navigation im europäischen Raumfahrt-Kontrollzentrum Darmstadt (Esoc) und ein weltweit renommierter Experte für satellitengestützte Ortungssysteme.

Das Abendland streckt sich

Nun aber treten die Europäer auf den Plan. Sie wollen in vielerlei Hinsicht mit den Amerikanern gleichziehen und stellen eine eigene Satellitennavigation mit dem Namen Galileo auf die Beine. »Galileo soll uns unabhängiger von den Amerikanern machen«, sagt Achim Bachem, Vorstandsmitglied beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Zugleich, so Bachem, sollen sich europäische und amerikanische Satelliten eines Tages ergänzen: Beide sollen sich gemeinsam nutzen lassen.

Galileo funktioniert im Prinzip genauso wie GPS. Mehrere Satelliten kreisen um die Erde und geben ständig Funksignale von sich. Navigationsgeräte auf der Erde – etwa in einem Auto – empfangen sie. Jedes Signal teilt dem Empfänger mit, wann es vom Satelliten losgeschickt wurde. Das Navigationsgerät registriert seinerseits, wann das Signal einging. Aus dem Sende- und dem Empfangszeitpunkt kann das Gerät ermitteln, wie lan- >

Dreißig Galileo-Satelliten sollen künftig um die Erde kreisen und Anwendern auf der Erde ermöglichen, ihren Standort zu bestimmen. Doch bis dahin ist es noch ein weiter Weg.

ALLE BILDER DES ARTIKELS: ESA

Ohne Unterlass funken – das ist die Bestimmung der Galileo-Satelliten. Jedes Signal enthält die Angaben, wann und von wo aus es gesendet wurde. Empfänger auf der Erde können daraus ihre Position bestimmen.

> ge das Signal unterwegs war. Daraus ergibt sich die Entfernung des Satelliten.

Zusätzlich enthält jedes Funksignal die Information, von wo aus es gesendet wurde. Das Navigationsgerät erfährt also neben der Entfernung des Satelliten auch dessen Position. Empfängt es nun Signale von mehreren künstlichen Trabanten, kann es seinen Ort auf der Erde bestimmen. Wie geht das?

Angenommen, das Gerät empfängt Signale von einem einzigen Satelliten. Dann wüsste es, wie weit dieser entfernt ist und wo er am Himmel steht. Der Standort des Geräts liegt dann irgendwo auf der Oberfläche einer gedachten Kugel (mit dem Satelliten als Mittelpunkt), deren Radius der Distanz zum Satelliten entspricht.

Verschachtelte Sphären

Gehen Signale von zwei Satelliten ein, dann ergeben sich zwei gedachte Kugeln, deren Oberflächen sich in einem Kreis schneiden; der Ort des Empfängers liegt irgendwo auf diesem Kreis. Registriert das Navigationsgerät die Signale dreier Satelliten, dann sind es drei fiktive Kugeloberflächen, die sich in zwei Punkten schneiden – einer davon ist der Standort des Geräts, der andere liegt oberhalb der Erdoberfläche.

Im Prinzip wären drei Satelliten zur Positionsbestimmung ausreichend. »Allerdings gehen die Uhren der Navigationsgeräte nicht genau genug«, erläutert Dow, »deshalb wird zusätzlich eine präzise Zeitangabe benötigt, die wiederum die Satelliten liefern – denn sie haben extrem genaue Atomuhren an Bord.« Daher, so Dow, sind für eine Ortsbestimmung aus dem All mindestens vier Satelliten erforderlich.

Im voll ausgebauten Zustand gehören zum Galileo-System jedoch nicht nur vier, sondern ganze dreißig künstliche Trabanten. Warum so viele? Damit von jedem beliebigen Ort der Erde aus immer wenigstens vier von ihnen über dem Horizont stehen. Nur so kann das System auf der ganzen Welt funktionieren.

Die Positionsbestimmung mit Galileo soll dereinst auf vier Meter genau sein. »Das entspricht etwa der Präzision von GPS«, erläutert Bachem. Dieser Wert gilt jedoch nur für den kostenlosen Basisdienst. Zahlenden Nutzern will das europäische System eine höhere Genauigkeit bieten – zunächst bis auf einen Meter, später bis auf wenige Zentimeter. Sonderleistungen wie verschlüsselte Nachrichtenübermittlung oder Überwachung der Signalgüte sollen weitere Kunden anlocken.

Der Aufbau von Galileo kostet etwa 3,6 Milliarden Euro. Einen großen Teil davon zahlen die Europäische Union (EU) und die Europäische Weltraumorganisation (Esa). Das Projekt steckt noch in den Kinderschuhen. Gerade mal ein Testsatellit hat die Erde bislang verlassen. Er heißt Giove-A und startete Ende 2005. Viel später hätte er nicht abheben dürfen, sonst hätte es Probleme gegeben: Ohne sendenden Satelliten wäre die Reservierung der Galileo-Funkfrequenzen bei der Internationalen Fernmeldeunion im Juni verfallen.

Das ehrgeizige europäische Projekt hinkt seinem Zeitplan um Jahre hinterher. Ursprünglich war geplant, bis Ende 2005 die ersten vier Satelliten ins All zu bringen und zusammen mit 25 Bodensta-

Europas Griff nach dem Navigationsmarkt

Galileo ist das europäische Gegenstück zum US-Satellitensystem GPS. Es soll diesem mindestens ebenbürtig sein und Europa unabhängiger von den USA machen.

Im Endzustand besteht Galileo aus dreißig Satelliten, etwa fünfzig Bodenstationen und zwei irdischen Kontrollzentren, eins davon im bayerischen Oberpfaffenhofen. Die Satelliten verteilen sich auf drei Umlaufbahnen, die um je 120 Grad gegeneinander versetzt sind. Jede dieser Bahnen ist um 56 Grad gegen den Äquator geneigt und verläuft in etwa 23 000 Kilometer Höhe.

Zunächst starten zwei Testsatelliten. Der erste davon ist bereits im All, der zweite soll innerhalb der nächsten Monate abheben. Voraussichtlich im Jahr 2008 schließt sich eine Probephase mit vier Satelliten, 25 Bodenstationen und einem Kontrollzentrum an. Mit dem vollständigen System ist nicht vor 2011 zu rechnen.

Geordnetes Gewimmel Die Satelliten sollen auf drei gegeneinander versetzten Bahnen kreisen.

tionen und einem irdischen Kontrollzentrum in Betrieb zu nehmen. Inzwischen gehen die Beteiligten davon aus, dieses Etappenziel nicht vor 2008 zu erreichen.

Der Grund für die Verzögerung lag in einem Streit zwischen den beteiligten EU-Staaten. »Es war nicht einfach, sich darauf zu einigen, wie Galileo als gesamteuropäisches Projekt gemanagt werden soll«, erzählt Bachem. Noch Ende des letzten Jahres sah sich Deutschland als größter beteiligter Zahler benachteiligt und forderte, bei den Projektaufträgen stärker berücksichtigt zu werden.

Vom Kuchen ein Stück

Im Dezember des letzten Jahres einigten sich die EU-Verkehrsminister schließlich darauf, das deutsche Industriekonsortium TeleOp an Galileo zu beteiligen. Außerdem beschlossen sie, dass eines der beiden Galileo-Kontrollzentren am DLR-Standort Oberpfaffenhofen in Bayern (AH 6/2005, S. 50) eingerichtet wird.

Europa erhofft sich von der Satellitennavigation ein großes Geschäft. Das Galileo-Projekt soll dem Abendland mehr als hunderttausend Arbeitsplätze bescheren und jährliche Geschäftsabschlüsse in Höhe von neun Milliarden Euro erzielen. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis für die Betreiber soll dereinst bei 4,6 liegen. Wirtschaftsstudien gehen davon aus, dass Galileo weltweit Umsätze in Höhe von hundert Milliarden Euro erzielen wird.

»Derzeit informieren wir die deutschen Unternehmen darüber, was Galileo zu leisten im Stande sein wird«, sagt Gaele Winters, Esa-Direktor für Operationen. Er sieht große wirtschaftliche Potenziale in dem europäischen Vorhaben und hat kürzlich mit entschieden, ein Galileo-Gründerzentrum in Darmstadt einzurichten. Dieses soll Unternehmen anlocken und Jobs ins Land bringen. »Momentan ist das Wissen um Galileo bei den meisten deutschen Unternehmen nicht gerade fantastisch«, so Winters, »das möchten wir ändern.«

Angesichts der wirtschaftlichen Aussichten ist es nicht ganz unwichtig, wer Galileo dereinst betreibt. Nach langem Hin und Her haben sich die Beteiligten vor einigen Monaten auf ein gesamteuropäisches Industriekonsortium geeinigt. Es setzt sich aus acht großen (Alcatel, EADS Space Technolgies, TeleOp und andere) und Dutzenden von kleinen Unternehmen zusammen. »Diese Auswahl«, stimmen Bachem und Dow überein, »wird sich wohl nicht mehr ändern.«

Giove-A (hier auf eine Raketenstufe montiert) ist ein Galileo-Testsatellit. Er startete Ende 2005.

Viele kritische Fragen scheinen mittlerweile also geklärt zu sein. Ob Europa jetzt zügig an den Aufbau von Galileo geht? Eine spannende Frage – nicht nur für Autofahrer. <<

Frank Schubert ist Wissenschaftsjournalist und ständiger Mitarbeiter von AH.

GALILEO - Ihr Astrospezialist

Johnsonian Pop'Up:
das erste zusammenfaltbare Teleskop

Das Pop'Up-Teleskop von Johnsonian Designs ist einzigartig in seiner Konzeption. Neben einer ausserordentlich leichten aber dennoch sehr stabilen Bauweise zeichnet sich das Pop'Up durch seinen einfachen Aufbau (dabei wird keinerlei Werkzeug benötigt) sowie äusserst kompakte Ausmasse im zerlegten Zustand aus. Alles unabdingbare Eigenschaften, welche ein gutes Reiseteleskop mit sich bringen muss.
So wiegt zum Beispiel ein Pop'Up mit 305 mm (12") Öffnung nur gerade 16 kg und ist nicht viel grösser als eine Reisetasche. Der Pop'Up-Dobson begleitet Sie auf Reisen oder in den Ferien, sogar wenn Sie mit dem Flugzeug verreisen. Beobachten und bestaunen Sie die Schönheit des Nachthimmels auf der ganzen Welt. Egal wohin Sie auch immer fahren, das Pop'Up-Teleskop von Johnsonian ist der ideale Reisebegleiter für jeden passionierten Amateurastronomen.
Die Hauptbestandteile des Pop'Up werden aus Aluminium, Karbonfasern und hochwertigen Polymeren hergestellt. Einmal aufgebaut, ist die Konstruktion sehr steif und stabil. In der mitgelieferten Transporttasche lässt sich das Pop'Up sicher, einfach und äusserst platzsparend transportieren. Wer hätte gedacht, dass es je möglich sein würde, mit einem 12"-Teleskop zu verreisen? Johnsonian Designs macht es möglich!

Johnsonian Designs NightRider:
eine Polhöhenwiege für Dobsonteleskope

Die Polhöhenwiege NightRider ist in zwei Grössen erhältlich und eignet sich für Dobsonteleskope von 150 bis 400 mm Öffnung. Nebend der einfachen Handhabung besticht der NightRider aber auch durch die exakte Steuerung, welche es auch bei hohen Vergrösserungen erlaubt, Objekte bis zu einer Stunde sehr präzise nachzuführen. Die Polhöhenwiege NightRider wird mit einer Handsteuerung für die Stundenachse geliefert. Die Version II beinhaltet zusätzlich eine Korrektur der Deklinationsachse sowie einen Anschluss für die vollständige Fernsteuerung des NightRiders.

NightRider	Modell I	Modell II
Gewicht in kg:	11	12
Tragfähigkeit in kg:	40	80
Apertur:	6" - 13"	6" - 16"
Längstmögliche Nachführung in Min.:	40 - 60	60

Apogee - Argo Navis - Astrodon - Astronomik - AstroZap - Atik - Celestron - Coronado - Denkmeier - Diffraction Limited - Discovery - Equatorial Platforms - FLI - Geoptik - Intes Micro
Johnsonian Design - Losmandy - Lumicon - Lymax LZOS - Meade - Miyauchi - Obsession - OGS - Optec - Paralux - RCOS - RoboFocus - SBIG - Scopetronix - Sirius Observatories - Sirius Optics
SkyWatcher - SolarScope - Software Bisque - Starlight Instruments - Starlight Xpress - StarryNight - StarWay - StellarCat - Takahashi - TEC - TeleVue - Thousand Oaks - Vixen - William Optics - Yankee Robotics

www.galileo.cc **info@galileo.cc**

Limmattalstrasse 206 - 8049 Zürich - Tel: +41 (0) 44 340 23 00 - Fax: +41 (0) 44 340 23 02
Rue de Genève 7 - 1003 Lausanne - Tel: +41 (0) 21 803 30 75 - Fax: +41 (0) 21 803 30 77

Entdeckungsreise zu den Planeten

Die Erkundung des Sonnensystems prägten glückliche Zufälle und tragische Misserfolge.

>> Stephen Koszudowski

Es ist die Nacht des 13. März 1781. Der kleine südenglische Badeort Bath liegt ruhig unter dem sternübersäten Himmel. Wie schon so oft zuvor richtet Friedrich Wilhelm Herschel sein selbst gebautes Sechs-Zoll-Teleskop auf das schwarze Firmament; diesmal peilt er den Stern Epsilon Tauri im Sternbild Stier an. Was er nicht ahnt: Er steht kurz davor, die wichtigste astronomische Entdeckung seit Galileo Galilei zu machen.

Der Hobbyastronom, der seit zehn Jahren metallene Teleskopspiegel schleift, arbeitet als Organist in einer Kapelle. Doch wenn die Sonne untergegangen ist, durchmustert er den Himmel nach neuen Doppelsternen, unbekannten Nebeln oder Sternhaufen. Als er in dieser Nacht nun Epsilon Tauri betrachtet, fällt ihm ganz in dessen Nähe ein kleiner nebliger Fleck auf. Er schaut sich den Fleck genauer an und vermutet zunächst, dass er einen neuen Kometen entdeckt hat. Herschel beschließt, das Objekt weiter zu beobachten.

GLOSSAR

Das Perihel ist der sonnennächste, **das Aphel** der sonnenfernste Punkt auf der Umlaufbahn eines Planeten.

Ein Blinkkomparator dient dazu, zwei Fotos derselben Himmelsregion zu vergleichen. Dazu schaltet er zwischen den beiden Bildern schnell hin und her.

Der Kuiper-Gürtel erstreckt sich in den äußeren Regionen unseres Sonnensystems jenseits der Plutobahn. Er besteht aus Kometenkernen und Eisbrocken.

Schon nach wenigen Nächten wird ihm klar, dass es sich nicht um einen Schweifstern handelt. Die Entdeckung besitzt vielmehr eine weitaus größere Bedeutung. Herschel will es zunächst selbst nicht glauben, aber nach Ausschluss aller Alternativen bleibt nur eine Möglichkeit: Das Objekt ist ein bis dahin unbekannter Planet.

Einer mehr

Mit diesem Fund wird Herschel schlagartig berühmt. Die Naturforscher sind voll des Lobs über ihn. Er hat die seit der Antike bekannten fünf Wandelsterne (Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn) urplötzlich um einen weiteren ergänzt und die Frage drängt sich auf, ob es da draußen nicht noch mehr zu entdecken gibt. Der englische König George III. ist derart begeistert, dass er den 1757 eingewanderten Deutschen zum Ritter schlägt. Überdies gewährt er ihm eine großzügige finanzielle Unterstützung und ermöglicht ihm damit, sich fortan ganz der Astronomie zu widmen.

Allem Ruhm und aller Begeisterung zum Trotz erhält der neue Planet aber nicht den Namen seines Entdeckers. Warum? Da die Wandelsterne in der Antike Göttern gleichgesetzt waren, wurden sie auch nach diesen bezeichnet. Dazu nun einen profanen menschlichen Namen zu gesellen, passte einfach nicht. Doch nach welcher antiken Gottheit sollte man den neuen Wandelstern benennen? Es sollte eine Bezeichnung sein, die ausdrückte, dass dies der erste Planet war, der mit dem methodischen Rüstzeug der modernen Astronomie entdeckt wurde. So taufte man ihn – nach der Muse für die Astronomie Urania – Uranus (siehe auch Artikel S. 38).

Herschel kam dennoch zu seiner wohl verdienten Ehrung. Nicht nur ein Mondkrater ist nach ihm benannt, sondern auch der große Krater auf dem Saturnmond Mimas, der ein Drittel von dessen Oberfläche einnimmt. 1789 hatte Herschel Mimas mit seinem größten selbst gebauten Spiegelteleskop entdeckt, das 1,22 Meter Durchmesser aufwies.

Dank der Unterstützung durch George III. trug Herschel noch viel zur Astronomie bei. 1787 beobachtete er als Erster die Uranusmonde Oberon und Titania. Er katalogisierte insgesamt 848 Doppelsterne, entdeckte die Eigenbewegung des Sonnensystems und begründete mittels seiner systematischen Sternzählungen die moderne Stellarstatistik. Seine Schwester Lucretia Herschel, die ihn bei seinen Forschungen unterstützte, ist mit acht Entdeckungen eine der erfolgreichsten Kometenjägerinnen der Geschichte. Sein Sohn John Frederick teilte die astronomische Begeisterung seines Vaters und übernahm dessen Sternwarte. Als einer der Ersten widmete er sich später der Astrofotografie.

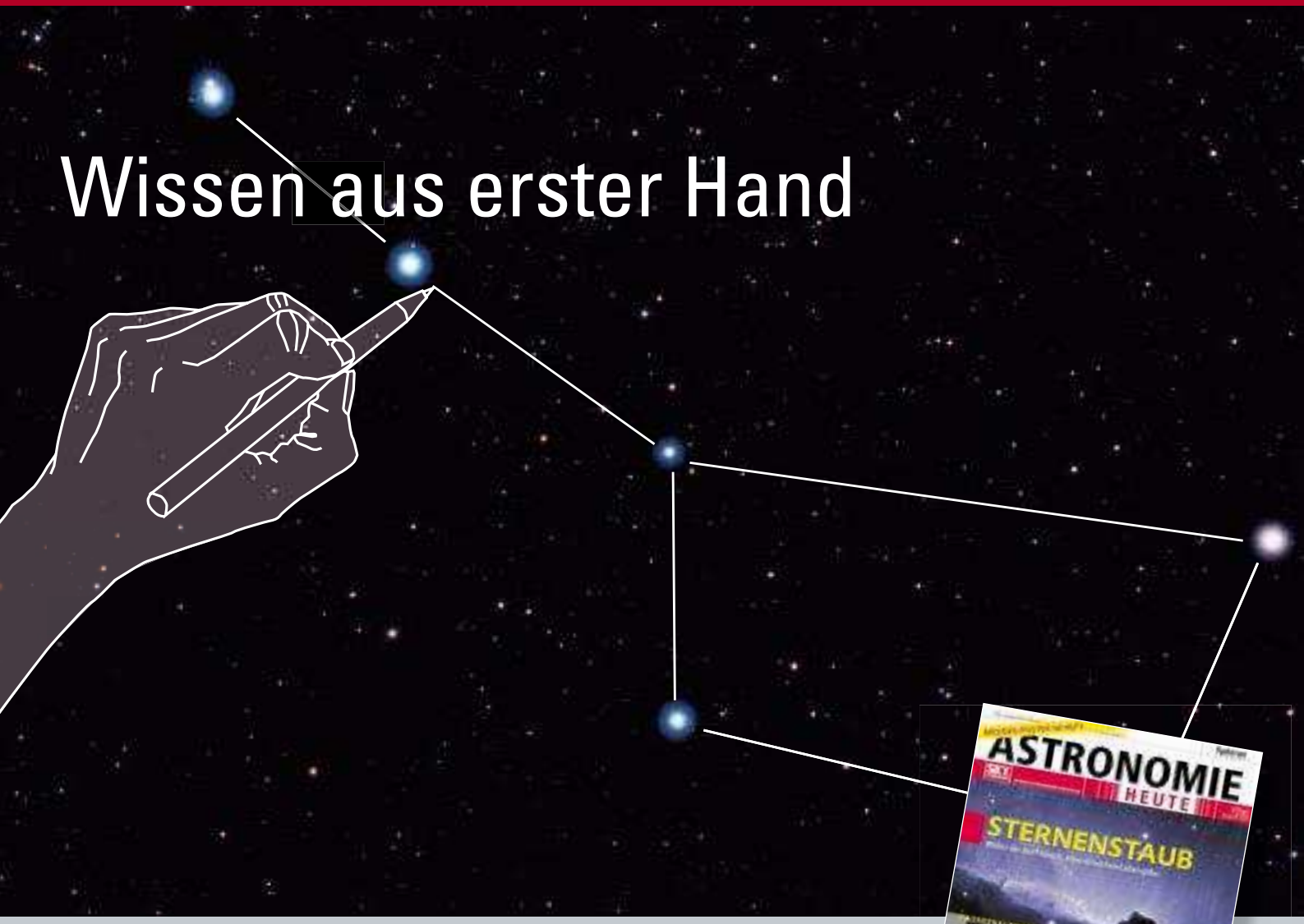
Herschel war zwar rein zufällig auf den siebten Planeten (wenn man die Erde mitzählt) gestoßen, doch von ungefähr >

Das heliozentrische Weltbild postulierte Nikolaus Kopernikus (1473–1543). Aus Angst vor der Inquisition ließ er seine Theorie erst nach seinem Tod veröffentlichen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Wissen aus erster Hand



Jetzt abonnieren oder verschenken!

Bei uns finden Sie das Wissen der Experten: kompetent, authentisch, verständlich.

Preisvorteil: Als Abonnent von ASTRONOMIE HEUTE erhalten Sie alle zehn Ausgaben pro Jahr zum Vorzugspreis von nur € 56,– (ermäßigter Preis auf Nachweis: € 50,–) inkl. Umsatzsteuer und Porto Inland geliefert. Bei Versand ins Ausland werden die Mehrkosten berechnet.

Zusätzlich erhalten Abonnenten kostenlosen Zugang zu unserem Online-Archiv mit über 1000 bereits in ASTRONOMIE HEUTE erschienenen Artikeln.

Natürlich können Sie auch ein ASTRONOMIE HEUTE-Abo verschenken. Als Extraservice erhält der Beschenkte das erste Heft mit einer Grußkarte in Ihrem Namen.

Als Dankeschön für Ihre Bestellung schenken wir Ihnen wahlweise die drehbare Sternkarte oder den Bildband »Wunder des Weltalls«.

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie auf dem Beihefter oder unter:

www.astronomie-heute.de/abo

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstr. 3–5 | D-69126 Heidelberg | Leserservice | Tel.: 06221 9126-743 | Fax: 06221 9126-751 | marketing@spektrum.com

> kam seine Entdeckung natürlich nicht – sie baute auf einer langen Tradition der Planetenbeobachtung auf. Antike Aufzeichnungen belegen, dass die Bewegungen der fünf im Altertum bekannten Wandelsterne schon im babylonischen Reich bekannt waren. Wann sich die Menschen der Planetenbewegungen zum ersten Mal bewusst wurden, ist nicht bekannt; die Anfänge der Himmelsbeobachtung verlieren sich im Dunkel der Zeit.

Einflussreicher Ptolemäus

Getrieben vom Glauben, man könne die Zukunft aus dem Lauf der Planeten herauslesen, entwickelten Sternkundige der alten Hochkulturen Mesopotamiens und Ägyptens spezielle Tafeln, mit deren Hilfe sich die Bewegung der Himmelskörper vorhersagen ließ. Die antiken griechischen Philosophen versuchten, diese Erkenntnisse in ein konsistentes Bild vom Universum einzubeziehen. Einer der bekanntesten unter ihnen ist Aristoteles, der im 4. Jahrhundert v. Chr. lebte. Er postulierte, dass sich die Erde im Zentrum des Universums befindet und sich alle Himmelskörper auf Kreisbahnen um sie herumbewegen.

Auf dieser Vorstellung baute zirka 450 Jahre später Ptolemäus, der wohl berühmteste Astronom der Antike, mit seiner Theorie der Planetenbewegungen auf. Ihm zufolge wird die Erde vom Mond, der Sonne und den fünf bekannten Wandelsternen umkreist, dahinter erstreckt sich die Sphäre der Fixsterne. Dieses Weltbild hatte viele Schwächen und musste immer wieder nachgebessert werden, doch dank der eher philosophisch und weniger empirisch ausgerichteten Wissenschaftspraxis des Mittelalters überlebte es bis weit in die Renaissance hinein.

Erst 1514 wagte Nikolaus Kopernikus, statt der Erde die Sonne im Mittelpunkt des Universums zu sehen. Kopernikus, dessen Gebeine unlängst in der polnischen Stadt Frombork gefunden wurden (AH 1-2/2006, S. 10), betrachtete die Erde als Planet zwischen Venus und Mars. Damit konnte er die Planetenbahnen auf eine »den Intellekt befriedigende« Weise erklären. Doch bis er genügend Beobachtungsergebnisse gesammelt hatte, um seine These zu stützen, vergingen etliche Jahre. Die ausführliche Beschreibung seines neuen Weltbilds ließ er erst nach seinem Tod, 1543, veröffentlichen, wodurch er der Verfolgung durch die Inquisition entging. Seine Theorie brachte die Astronomen jener Zeit in Konflikt mit den kirchlichen Dogmen: Zwar nutzten sie Kopernikus' System, um Planetenpositionen zu berechnen, doch die Kirche verbot ihnen, es als Modell der Wirklichkeit zu betrachten.

Die eigentliche Revolution fand im Jahr 1610 statt, als der italienische Astronom Galileo Galilei als einer der Ersten ein Fernrohr zum Himmel richtete. Er hatte das zwei Jahre zuvor vom holländischen Brillenmacher Lippershey erfundene Instrument verbessert und entdeckte damit nun Dinge, die sich mit der ptolemäischen Kosmologie grundsätzlich nicht vertrugen: die vier größten Jupitermonde, die Berge und Täler des Monds und die Auflösung der Milchstraße in Einzelsterne. Damit fielen die Grenzen des statischen ptolemäischen Weltbilds, neue Entdeckungen wurden möglich.

Eine davon war die bereits geschilderte Entdeckung von Uranus durch Herschel im Jahr 1781. Mit Hilfe der Newton'schen Mechanik, die es – ab dem 17. Jahrhundert und erstmals in der Menschheitsgeschichte – erlaubte, die Bahnen von Himmelskörpern korrekt zu berechnen, stellte sich heraus, dass Uranus einige Überraschungen bereithielt. Seine Bahn wich im Lauf der Jahre immer stärker von den Newton'schen Vorhersagen ab. Zahlreiche Astronomen zerbrachen sich darüber die Köpfe, bis sie auf die spektakuläre Lösung kamen: Die Abweichungen verursachte ein weiterer Planet jenseits des Uranus, der diesen mittels seiner Schwerkraft beeinflusste.

Im 19. Jahrhundert versuchten Forscher, die Bahn des unbekannten Wandelsterns anhand seiner Gravitationswirkung auf Uranus zu berechnen. Doch solch ein Unterfangen war damals, ohne Taschenrechner und Computer, extrem >

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

In Babylon spielten Zikkurats (Stufenpyramiden, darunter der berühmte Turm zu Babel) eine große Rolle. Einst sollen Gelehrte von ihren »Dächern« aus die Sterne beobachtet haben.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Friedrich Wilhelm Herschel (1738–1822), zunächst Organist, entwickelte sich ab 1781 zu einem bedeutenden Astronomen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Galileo Galilei (1564–1642) richtete als einer der Ersten ein Teleskop zum Himmel. Er untersuchte auch die Sonne damit – ohne geeigneten Schutzfilter. 1637 erblindete er.

> aufwändig und kompliziert. Deshalb wagten sich nur zwei Astronomen daran: der Engländer John Couch Adams und der Franzose Urbain Jean Joseph Leverrier. Nach jahrelangen Berechnungen legte Adams 1845 seine Ergebnisse vor; sie wurden von George Bidell Airy, dem Direktor der berühmten Sternwarte Greenwich, sowie von James Challis, einem Astronomen aus Cambridge, begutachtet. Beide wollten etwas derart Unglaubliches wie einen achten Planeten jedoch nicht recht akzeptieren und ließen Adams' Manuskript in der Schublade verschwinden. Dadurch gelangte Leverrier zu der Ehre, als Erstentdecker des Neptuns zu gelten.

Obwohl Adams später Direktor der Sternwarte Cambridge wurde, taucht sein Name fast nie in den Geschichtsbüchern auf. Erst 1999 wurden seine Berechnungen noch einmal analysiert und geprüft, ob nicht ihm der Ruhm zustünde, der Leverrier zugefallen war. Doch Adams zog abermals den Kürzeren. Seine Bahnberechnungen waren zu ungenau, um den Neptun damit aufspüren zu können.

Sowohl Adams als auch Leverrier hatten das gleiche Problem: Keiner von beiden besaß die nötigen Karten und Instrumente, um seine mathematischen Berechnungen einem Wirklichkeitstest zu unterziehen. Leverrier wusste sich zu helfen, indem er die Berechnungen einem Freund in Berlin schickte, dem Astronomen Johann Gottfried Galle. Zufällig kam der Brief am 23. September 1846 an, dem Geburtstag von Johann Franz Encke, damals Direktor der Berliner Sternwarte. Encke gab Galle wohlwollend die Erlaubnis, nach dem berechneten Objekt zu suchen.

Flugs den Neptun erspäht

Es war eine dunkle, klare Nacht, wie sie Berlin heute nicht mehr kennt, und Galle hatte nach kaum einer Stunde Erfolg. Ganz in der Nähe der von Leverrier angegebenen Position erblickte er ein Objekt achter Größe, das auf der kurz zuvor veröffentlichten Berliner Akademischen Sternkarte nicht verzeichnet war. Neptun, der achte Planet, war gefunden, und Leverrier und Galle gingen als seine Entdecker in die Geschichte ein. Allerdings entsprach das nicht ganz den Tatsachen: Die erste bezeugte Neptunbeobachtung führte Galileo Galilei durch. Dieser hatte, wie Forscher 1980 herausfanden, 223 Jahre vor Galle ein bewegliches Objekt in der Nähe von Jupiter entdeckt und auf Skizzen festgehalten. Allerdings erkannte Galilei das Objekt nicht als Planeten. Erst vor wenigen Jahrzehnten zeigten moderne Computerrechnungen, dass Galileis Objekt tatsächlich Neptun gewesen war.

Die Entdeckung des achten Planeten war ein Triumph für das kopernikanische und newtonsche Weltbild. Zum ersten Mal hatten Forscher die Existenz eines bisher unentdeckten Himmelskörpers vorhergesagt und anschließend bestätigen können. Das führte zu der wichtigen Erkenntnis, dass der Kosmos durch uns bekannte Gesetze geordnet und beschreibbar ist. Doch war mit Neptun das Sonnensystem zu Ende?

Schon kurz nach dem Fund des achten Planeten vermuteten Astronomen die Existenz weiterer Wandelsterne. Leverrier schrieb bereits Ende September 1846 in einem Brief, dass das Schwerefeld der Sonne prinzipiell stark genug sei, weitere Planeten auf Umlaufbahnen zu binden. Weil Neptuns Bahn bis dahin nicht genau genug bekannt war, um sie auf Störungen zu prüfen, blieben seine Überlegung allerdings vorerst Spekulation.

Das sollte sich sehr bald ändern. Schon am 10. Oktober desselben Jahres entdeckte der englische Astronom William

Lassell den größten Neptunmond Triton. Sein Fund stieß auf reges Interesse bei den Himmelsmechanikern, die nun zeigen konnten, dass es in Tritons Bahn Abweichungen gibt, die weder durch Jupiter noch Saturn noch durch andere Neptunmonde erklärbar sind. Die Jagd auf den neunten Planeten war eröffnet.

Folgenschwerer Fehler

Vier Jahre später schien der unbekannte Wandelstern gefunden. Der schottische Astronom James Ferguson hatte in der Fachzeitschrift »Astronomical Journal« einen Artikel veröffentlicht, wo er im Zusammenhang mit der Positionsbestimmung des Planetoiden Hygiea einen Bezugsstern namens k erwähnte. Doch an dessen angeblicher Position stand kein Stern am Himmel. Sofort vermutete die Fachwelt, Ferguson sei bei seinen Messungen zufällig über einen Transneptun-Planeten gestolpert. Doch niemandem gelang es, diesen zu finden, obwohl in der Nähe der k-Position intensiv nach ihm gefahndet wurde. Es sollten noch zwanzig Jahre vergehen, bis sich herausstellte, dass Ferguson bei seinen Arbeiten durcheinander gekommen war und einen falschen Ort angegeben hatte.

Da die Suche nicht zum Erfolg geführt hatte, gab Leverrier die Idee eines Transneptun-Planeten mehr oder weniger auf. Allerdings blieb er der Idee eines neunten Planeten treu, wenn auch auf andere Weise. 1859 erklärte er die rätselhafte Periheldrehung des Merkurs (siehe AH 5/2005, S. 18) mit einem Planeten innerhalb der Merkurbahn, den er Vulkan nannte. Doch auch dieser ließ sich nicht auffinden. Als Albert Einstein 1915 die Merkur-Periheldrehung mit Hilfe der Allgemeinen Relativitätstheorie erklärte, entpuppte sich die Existenz des Planeten Vulkan als wissenschaftlicher Irrtum.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts suchten die Astronomen immer verbissener nach dem neunten Planeten, hauptsächlich wegen des zu erwartenden Ruhms. Dieser Wettlauf brachte einige Kuriositäten hervor. So postulierte der schottische Astronom George Forbes, dass der gesuchte Wandelstern eine größere Masse als Jupiter besitzt und die Sonne einmal in tausend Jahren in einer Distanz von hundert astronomischen Einheiten umläuft. Andere Forscher vermuteten gleich zwei oder drei Transneptun-Planeten. Der meistversprechende Ansatz stammte von dem französischen Astronomen Camille Flammarion. Er besagte, dass die Schwerkraftwirkung des unbekannten Planeten die Bahnen der langperiodischen Kometen beeinflusst, sodass sich deren Apheldistanzen (sonnenfernste Bahnpunkte) in einer bestimmten Raumregion häufen.

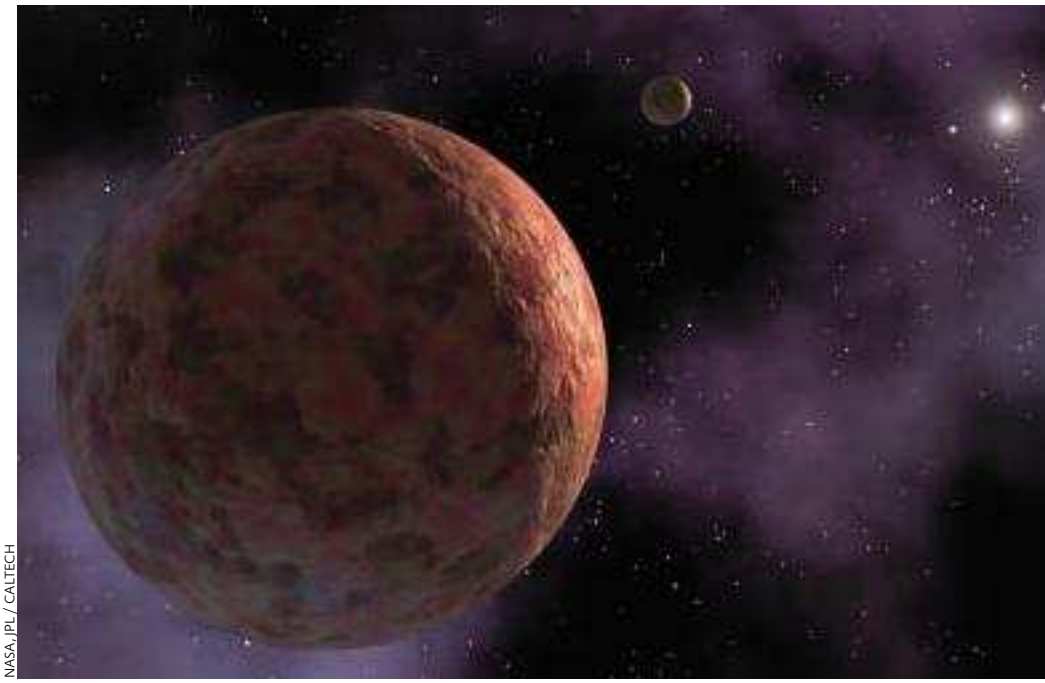
Anfang des 20. Jahrhunderts gesellte sich der Amerikaner Percival Lowell zum Kreis der Planetenjäger. Er setzte erstmals auf die Fotografie. Jedes der in Frage kommenden Himmelsareale nahm Lowell an zwei aufeinander folgenden Tagen mit jeweils dreistündiger Belichtungszeit auf, überdies fotografierte er systematisch entlang der Ekliptik. Zur Auswertung der Fotoplatten – also für den Vergleich tausender Sternscheibchen – verwendete Lowell ein Vergrößerungsglas. Diese mühselige und Zeit raubende Aufgabe brachte ihn seinem ersehnten Ziel, der Entdeckung des Planeten X, keinen Schritt näher. Lowell war so besessen davon, den Planeten aufzuspüren, dass er sich in aufwändige Berechnungen verrannte, mit denen er die Ergebnisse von Leverrier und anderen verbessern wollte. Am Ende erhielt er zwei verschiedene Positionen für den gesuchten Himmelskörper und starb 1916, ohne ihn je gesehen zu haben.

Wie schwer es sein würde, Planet X aufzuspüren, hatte Lowell in einer Gastvorlesung 1910 an der Treptower Sternwarte in Berlin vorgeführt. Es gehe darum, so Lowell, ein Objekt zu finden, das nur ein Fünfzigtausendstel der Sonnenmasse besitze und sich in einer Entfernung von ungefähr 6,7 Milliarden Kilometern von der Sonne befinde. Es habe demnach eine scheinbare Helligkeit von 13. Größe und unterscheide sich von den umgebenden Sternen nur durch seine Eigenbewegung. Zudem sei der Suchbereich kaum eingegrenzt.

Ein Mammutauftrag

1929 stellte Vesto Slipher, Direktor der Sternwarte von Flagstaff in Arizona (inzwischen Lowell-Observatorium) den Farmerssohn Clyde Tombaugh ein, dessen erstklassige Planetenzeichnungen ihn begeistert hatten. Tombaugh bekam die Aufgabe, den Himmel mit dem 33-Zentimeter-Astrografen des Observatoriums nach dem neunten Planeten zu durchforsten. Hierzu untersuchte er mit Hilfe eines Blinkkomparators Fotoplatten, die er von verschiedenen Himmelsarealen angefertigt hatte. Dabei nahm er von jedem Gebiet zwei Fotos im Abstand von jeweils drei Tagen auf.

Tombaugh wendete sich direkt der Sonne gegenüberliegenden Himmelsarealen zu, da sich ein Planet dort am ehesten durch seine Bewegung verrät. So fo- >



NASA, JPL / CALTECH

Jenseits des Neptuns kreisen etliche Kuiper-Gürtel-Objekte. Eines davon ist »Sedna« mit 1700 Kilometer Durchmesser. Die Streitfrage lautet: Handelt es sich um Planeten?

J. KELLY BEATTY

DETLEF GROOTE

Nach mühseliger Arbeit entdeckte Clyde Tombaugh (im Bild links, etwa sechzig Jahre später) den Pluto. Er nahm von verschiedenen Himmelsarealen Fotos im Abstand von mehreren Tagen auf und verglich sie mit Hilfe eines Blinkkomparators (rechts).

> tografierte er systematisch die Sternbilder der Fische, Widder und Stier. Am 18. Februar 1930 untersuchte er Platten vom 23. und 29. Januar und stieß an der Grenze von Zwillingen und Stier auf ein Objekt 15. Größe, das sich von einer zur nächsten Aufnahme bewegt hatte.

Zur Sicherheit verglich er die Platten mit einer Beobachtung vom 21. Januar und stellte fest, dass das Objekt seine Position um etwa 70 Bogensekunden pro Tag veränderte. Um auszuschließen, dass es sich um einen Kometen oder Asteroiden handelte, machte Tombaugh am 19. Februar eine weitere Aufnahme. Und siehe da – seine Vermutung wurde bestätigt: Der neunte Planet war entdeckt! Da das Lowell-Observatorium damals keinen besonders guten Ruf genoss – Lowell hatte die These unterstützt, dass auf dem Mars künstlich angelegte Kanäle existieren –, wartete Slipher jedoch noch einige weitere Untersuchungen ab.

Die Öffentlichkeit tobt

Erst am 13. März 1930 gab er der astronomischen Zentralstelle in Kopenhagen die Entdeckung des neuen Transneptun-Planeten in einer kurzen Mitteilung bekannt. Es war der 149. Jahrestag der Entdeckung des Uranus und der 75. Geburtstag Lowells.

Die Meldung verbreitete sich wie ein Lauffeuer. Während die Fachpresse hinterherhinkte – in den Aprilausgaben mancher Fachzeitschriften wurde die Möglichkeit eines neunten Planeten noch kontrovers diskutiert –, überschlug sich die Tagespresse förmlich. Zur Namensgebung griff man auf einen Vorschlag aus dem Jahr 1877 zurück und nannte den neuen Planeten Pluto, dessen Anfangsbuchstaben zufällig auch die Initialen von Percival Lowell sind.

Die Entdeckung war derart sensationell, dass viele Sternwarten ihr bis dahin geplantes Beobachtungsprogramm über den Haufen warfen und auf den neunten Planeten umschwenkten. Daher bemerkten die Astronomen schon kurz nach der Entdeckung Plutos einige seiner Besonderheiten, die berechtigte Zweifel daran aufkommen ließen, es handle sich hier tatsächlich um Lowells Planeten X. Zwar bestätigten ältere Fotoplatten, dass sich der Planet ziemlich genau auf der ursprünglich von Lowell berechneten Bahn bewegte. Jedoch war er zu klein, um die beobachteten – und nicht durch Neptun erklärbaren – Restbahnstörungen bei Uranus hervorzurufen. Denn aus den bekannten Bahnelementen ergab sich ein mittlerer Sonnenabstand von fast sechs Milliarden Kilometern; im Zusammenspiel mit der gemessenen Helligkeit von 15. Größe ließ sich auch mit noch so aufwändigen Rechenkunststücken kein Planet in Jupitergröße konstruieren.

Also vermuteten die Astronomen, dass Pluto nur ein kleiner, unbedeutender Brocken im Sonnensystem und Lowells Planet X noch zu entdecken sei. Tombaugh setzte daher seine Suche fort und durchmusterte bis 1943 fast siebzig Prozent des Himmels nach Objekten bis hinunter zur 17,5ten Größe. Mit dieser Sorgfalt hätte er einen neptunähnlichen Planeten in einer Entfernung bis zu 200 Astronomischen Einheiten finden können. Trotz seines Arbeitseinsatzes von 7000 Stunden am Blinkkomparator und trotz des Vergleichs von 90 Millionen Sternscheibchen blieb der Fund eines weiteren großen Planeten aus. Tombaugh schloss daraus, dass Lowells Planet X nicht existiert.

Im Lauf der Jahre wurde die Debatte, ob Pluto ein echter Planet sei, immer wieder angeheizt – nicht zuletzt durch die Entdeckung seines Monds Charon im Jahr 1978, der mit etwa 1250 Kilometer Durchmesser fast halb so groß ist wie Pluto. 1999 beendete die Internationale Astronomische Union den Streit vorläufig, indem sie Pluto in den Rang eines Planeten erhob. Doch dieser Frieden sollte gerade einmal wenige Jahre währen.

Unser Planetensystem

wissenschaft in die schulen!

Die ersten Planeten fanden Sternkundige vor langer Zeit durch bloßes Hinsehen und genaues Beobachten. Für die Wandelsternen jenseits des Saturns reichte das jedoch nicht mehr – um sie zu erspähen, waren besondere Hilfsmittel, etwa das Teleskop, erforderlich. Wie verraten sich Planeten, wie versuchen Sterngucker, das Objekt ihrer Begierde zu finden? Unter der unten angegebenen Internetadresse finden Sie Modelle, verschiedene Aufgaben zum Thema und ähnliche Beispiele.
www.wissenschaft-schulen.de

Bereits 1950 vermutete der niederländische Astronom Gerard Kuiper, dass Pluto nichts anderes sei als das zuerst entdeckte Objekt einer riesigen Population von Planetoiden und Kometenkernen, die sich hinter der Neptunbahn in einer Scheibe um das Sonnensystem befinden (AH 3/2004, S. 18). Doch der erste greifbare Hinweis auf diese Scheibe ließ noch mehr als ein Vierteljahrhundert auf sich warten. Bis 1977 nämlich, als der Astronom Charles Kowal den Planetoiden Chiron 2060 entdeckte, dessen instabile Umlaufbahn zwischen Uranus und Saturn darauf schließen ließ, dass er ursprünglich aus sehr weit draußen liegenden Gefilden des Sonnensystems stammt. Auch die Bahnberechnungen der kurzperiodischen Kometen zeigten, dass diese einer Region jenseits des Neptun entspringen.

1992 fanden die Astronomen Jane Luu und David Hewitt mit Q1 in 5,5 Milliarden Kilometer Entfernung das erste waschechte Kuiper-Gürtel-Objekt (KGO, auf Englisch KBO). Innerhalb der nächsten dreizehn Jahre ging diese Entwicklung dann mit Riesenschritten weiter, sodass wir heute mehr als Tausend dieser Objekte kennen. Einige davon, zum Beispiel Quaoar oder Sedna, haben Durchmesser von mehr als 1200 Kilometern.

Planeten oder nicht?

Am 29. 07. 2005 gab die Nasa die Entdeckung des Kuiper-Gürtel-Objekts 2003 UB_{313} bekannt, das in einer Entfernung von 97 Astronomischen Einheiten um die Sonne kreist und mit etwa 2900 Kilometer Durchmesser den Pluto an Größe übertrifft (AH 10/2005, S. 20). Die Veröffentlichung war ziemlich lange unter Verschluss gehalten worden: Schon 2003 hatten Michael Brown vom California Institute of Technology, Chadwick Trujillo vom Gemini Observatory und David Rabinowitz von der Yale University das neue Objekt auf Teleskopaufnahmen ausgemacht. Der Grund für die Zurückhaltung lag wohl darin, dass sich die Forscher vor der Publikation über die Natur der Entdeckung sicher sein wollten.

Der Fund des neuen KGO entfachte die Debatte über die Planetennatur Plutos erneut. Denn: Wenn man Pluto den Planetenstatus einräumt, dann muss man folgerichtig auch UB_{313}, Quaoar und einige weitere Objekte als Wandelsterne anerkennen. Im Extremfall müsste man die Planetenfamilie schlagartig auf bis zu zwanzig Mitglieder erweitern. Die Alternative besteht darin, Pluto nicht mehr als Planeten zu betrachten.

Michael Brown, der Entdecker von UB_{313}, glaubt, dass es heute nicht mehr möglich ist, Pluto seinen Planetenstatus abzuerkennen, da dies einen Eingriff in die Geschichte bedeutete. Jane Luu, die Mitentdeckerin des ersten KGO, stört sich an der Debatte: »Das ist eine ziemlich idiotische Diskussion.« Bis zum Sommer will die Internationale Astronomische Union eine einheitliche Definition entwickeln, die bestimmt, welche Objekte als Planeten zu behandeln sind und welche nicht. Wie auch immer sie aussehen wird – die Zeiten, wo Astronomen noch »waschechte« Wandelsterne unseres Sonnensystems entdecken konnten, so wie Herschel 1781, sind wohl endgültig vorbei. <<

Stephen Koszudowski lebt in Darmstadt und promoviert in Atomphysik.

»STERNE UND WELTRAUM« FÜR SCHULEN

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung übernimmt erstmalig im Rahmen der Aktion »Wissenschaft in die Schulen!« für 100 Schulen die Kosten eines Online-Zugangs zum Archiv von »Sterne und Weltraum« für ein Jahr!

Wenn Sie Lehrer sind und mit Ihrer Schule teilnehmen möchten, wenden Sie sich bitte innerhalb von sechs Wochen nach Erscheinen dieser Anzeige an:
Wissenschaft in die Schulen!
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,
Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Deutschland
E-Mail: wis@wissenschaft-schulen.de
Voraussetzung für eine Teilnahme ist die Begründung der Bewerbung (max. eine Seite Text), die Angabe von Namen und Anschrift der Schule sowie Ansprechpartner inklusive E-Mail-Adresse.

Wilhelm und Else Heraeus Stiftung

»Wissenschaft in die Schulen!« bietet monatlich praxisnahes didaktisches Material zu ausgewählten naturwissenschaftlichen Themen und kann in den regulären Unterricht einbezogen werden. Für das Gebiet Physik ist dies dank einer Kooperation des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg, der Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen, Donaueschingen, und der Klaus-Tschira-Stiftung gGmbH möglich. Das Material befindet sich bei www.wissenschaft-schulen.de.

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ist eine gemeinnützige Stiftung des bürgerlichen Rechts. Ihr Zweck ist die Förderung von Forschung und Ausbildung in den Naturwissenschaften, insbesondere der Physik. Die Stiftung arbeitet eng mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft zusammen.

Eine Initiative von Spektrum der Wissenschaft
mit den Schirmherren Max-Planck-Institut für Astronomie und Gesellschaft für Biochemie und Molekularbiologie e. V.

Naturwissenschaftliches Wissen aus erster Hand für Schulen und Schüler

wis
wissenschaft in die schulen!

Zwergenaufstand im Schützen

Mehrere Galaxien haben sich in unserer Milchstraße eingenistet – eine Begegnung mit den Extragalaktischen.

>> Thomas de Padova

Vielleicht wird man unsere Epoche einst als »dunkles Zeitalter« bezeichnen, als eine Phase, in der die Forscher noch glaubten, die Milchstraße sei eine Scheibe. Wie das düstere Mittelalter, in dem das Wissen darum, dass die Erde eine Kugel ist, angeblich verloren ging. Erst die wagemutige Fahrt des Christoph Kolumbus befreite die Menschen von der Angst, man könne am Ende der Welt mit dem Schiff über die Kante der Erdscheibe stürzen.

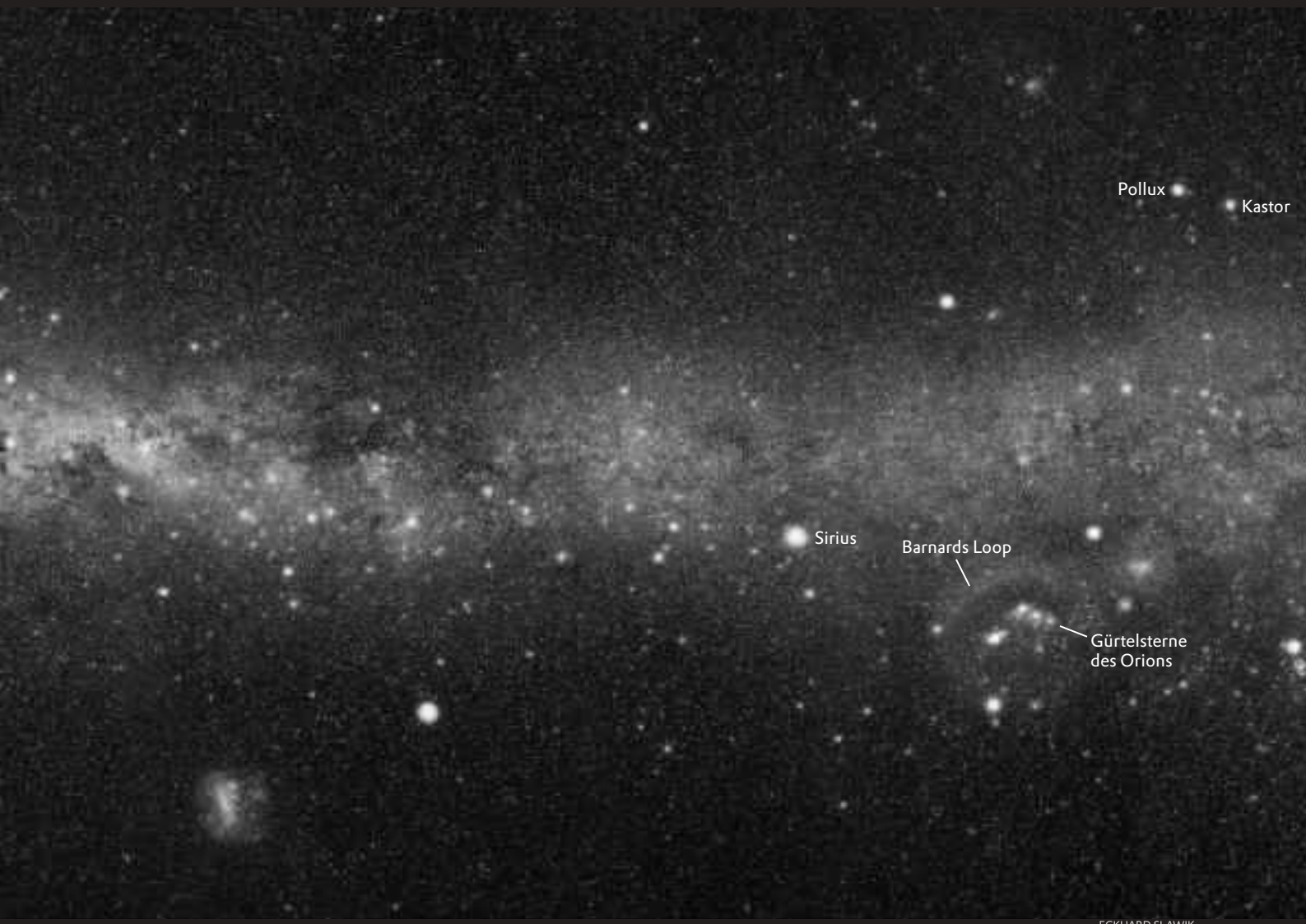
Das ist eine der vielen Legenden, auf denen unsere Vorurteile gegenüber dem Mittelalter gründen. Doch das Abendland fiel nach dem Untergang Griechenlands und Roms nicht in ein tausendjähriges Dunkel pseudowissenschaftlicher Geistlichkeit. Thomas von Aquin, Roger Bacon, Beda Venerabilis oder Augustinus glaubten nicht an eine flache Erde. Und genauso wenig lassen sich die heutigen Gelehrten von dem blenden, was in astronomischen Modemagazinen häufig gezeigt wird: wunderschöne Spiralgalaxien, in denen alle Sterne auf einer Drehscheibe rotieren.

Denn der erste Eindruck täuscht. Die Milchstraße ist mehr als eine flache Scheibe aus Sternen. Was wir sehen, ist nur ein Bruchteil der Materie, die unsere Galaxis tatsächlich ausmacht.

Atemberaubendes Gewimmel

Aber schon das Wenige ist unvorstellbar. Sehen Sie sich einmal obige Aufnahme unserer Milchstraße an. Das Bild zeigt sie, wie man sie bei besten Bedingungen von der Erde aus fotografieren kann. Sie besteht aus einem atemberaubenden Gewimmel von Sternen, Nebeln und Dunkelwolken. Wenn Sie genau hinschauen, entdecken Sie vielleicht auch Ihnen bekannte Sterne und Konstellationen: Zum Beispiel leuchten ganz rechts, unterhalb der Milchstraßenebene und in der roten Sichel des riesigen Gasnebels »Barnards Loop«, die drei Gürtelsterne des Orions. Links davon, eher am Rand des Milchstraßenbands, sitzt Sirius, der hellste Stern an unserem Nachthimmel. Er ist der Erde ausgesprochen nah. Ganz rechts oben sind die beiden Sterne Kastor (bläulich) und Pollux (gelblich) zu erkennen, die im Sternbild Zwillinge funkeln.

Doch wenden wir uns zunächst dem Sternbild Schütze zu. Denn dort liegt das Zentrum unserer Milchstraße. Es ist mit Gas- und Staubwolken dicht bevölkert. Diese sind für unser Auge undurchsichtig. Nur mit Großteleskopen, die die von den Objekten ausge-



ECKHARD SLAWIK

Die Milchstraße Zusammen mit Milliarden anderer Sterne läuft auch unsere Sonne samt Planetensystem um die Drehachse der Galaxis.

sandte Wärmestrahlung messen, können Astronomen tiefer in sie hineinschauen.

So haben amerikanische Forscher erst kürzlich festgestellt, dass die Zentralregion unserer Galaxis einem lang gestreckten Balken ähnelt, von dem die Spiralarme abzweigen. Die Sonne dreht sich mit Milliarden anderer Sterne um die galaktische Achse. Aber längst nicht alle Himmelskörper nehmen an dieser Rotation teil. Vor gut zehn Jahren entdeckten Wissenschaftler im Schützen eine riesige Ansammlung von Sternen, die nicht in der Ebene der Milchstraße kreisen, sondern senkrecht dazu. Sie umlaufen deren diskusförmig verdicktes Zentrum auf einer polaren Bahn.

Nach diesem überraschenden Ergebnis fanden die Astronomen weitere Irrläufer. Zum Beispiel im Großen Hund, jenem Sternbild, das uns vornehmlich durch den hellen Sirius bekannt ist.

Unterhalb der galaktischen Scheibe hat sich eine fremde Welteninsel in unserer Milchstraße eingenistet. Sie enthält einige hundert Millionen Sterne. Von der Erde ist sie nicht weiter entfernt als das Zentrum der Galaxis. »Sie ist so nah, dass sie uns viel größer erscheint als der Vollmond«, sagt Hans-Walter Rix, Direktor am Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg. Das Sternsystem leuchtet nur schwach durch die Milchstraßenebene hindurch. Man hätte es sonst vielleicht viel früher entdeckt.

Im kosmischen Maßstab zählt es zu den Zwerggalaxien, genauso wie die zuvor aufgespürte, nur wenig weiter entfernte Welteninsel im Sternbild Schütze. Auf die Spuren dieser Galaxien kamen die Astronomen erst im Zuge großer Himmelsdurchmusterungen. Diese automatisierten Beobachtungskampagnen stellen die Forscher vor ähnlich immense Aufgaben wie das Humangenomprojekt. Die Menge an Einzeldaten moderner Teleskope ist so groß, dass viele Zusammenhänge durchs Raster zu fallen drohen. Ohne geeignete theoretische Modelle sind solche Daten schier unauswertbar.

Rix und seine Kollegen haben inmitten von zahllosen Objekten eine Gruppe von Sternen identifiziert, die sich wie ein Ring um die Milchstraße winden. Dieser Schwarm besteht aus jenen Sonnen, die im Lauf der Zeit aus der >

> Zwerggalaxie im Großen Hund herausgerissen wurden. »Die Galaxie wurde zunächst auf eine Umlaufbahn gezwungen und dann immer mehr auseinander gezogen«, sagt Rix. So ging ihr Zusammenhalt allmählich verloren.

Vor einer Himmelskarte im Flur des ersten Stockwerks des Heidelberger Instituts erläutert Rix den Verlauf dieses Zerfalls. Der groß gewachsene Wissenschaftler wurde vor sieben Jahren mit 34 Jahren einer der jüngsten Direktoren in der Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Mit leicht bayerischem Einschlag erzählt er, dass sich in den kommenden Jahrmillionen noch mehr Sterne aus dem Verband lösen und rund um die Milchstraße verteilen werden, während die Zwerggalaxie langsam mit ihr verschmilzt.

»Das Los dieser entwurzelten Sterne ist dem der Meteore vergleichbar«, so Rix. Diese sind nichts anderes als Staub, den die Kometen in unserem Sonnensystem entlang ihrer Bahn verloren haben und der uns immer wieder herrliche Sternschnuppenschauer beschert, wenn die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne eine dieser Staubfahnen durchquert.

So ist auch unsere Galaxis von einem sehr viel größeren Halo umgeben, einer Kugel, die sich unter anderem aus den Überresten vieler ehemals eigenständiger Galaxien zusammensetzt. Sie alle sind irgendwann einmal mit unserer Milchstraße kollidiert und dann mit ihr verschmolzen. »Wir schauen, wo überall Überreste von Zwerggalaxien zu finden sind«, betont Rix.

Unsere Galaxis wird immer dicker

Der Halo ist etwa zehnmal so groß wie die sichtbare Scheibe und wegen seiner enormen Ausdehnung bisher noch kaum erforscht. Doch gibt es darin etliche schon länger bekannte Objekte: rund zweihundert Kugelsternhaufen zum Beispiel, in denen sich jeweils bis zu einer Million Sterne tummeln.

Rix schätzt, dass sich gegenwärtig etwa drei Viertel aller Sterne unserer Milchstraße in der Scheibe aufhalten, ein Viertel dagegen im Halo. Diese Halosterne sind deutlich älter als die der Scheibe. Das lässt sich daran ablesen, dass sie nur sehr wenige Metalle enthalten, die sich erst im Lauf der kosmischen Entwicklung aus dem zunächst vorhandenen Wasserstoff und aus Helium gebildet haben.

Gipfelstürmer

MPIA

Wenn jemand ohne Habilitation, sogar ohne Diplom Direktor eines Max-Planck-Instituts und Universitätsprofessor werden kann – und das lange vor den Zeiten der Juniorprofessur –, dann spricht das für die Offenheit des deutschen Wissenschaftssystems. Und für das Talent des Bewerbers. Der Physiker Hans-Walter Rix griff früh nach den Sternen. In Regensburg geboren, promovierte er in den USA, wurde Professor in Tucson und kam mit 34 Jahren ans MPI für Astronomie in Heidelberg – als Direktor. Seither hat Rix oft den steilen Weg zu seinem Arbeitsplatz auf dem fast 600 Meter hohen Königsstuhl per Fahrrad bewältigt. Heute ist er 41 und erforscht die Entwicklung von Galaxien – immer noch mit wachsender Begeisterung.

Die Halosterne bestehen also größtenteils aus recht ursprünglichem Material. Einige von ihnen sind bereits wenige hundert Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden. Die ältesten leuchten seit mehr als 13 Milliarden Jahren und damit schon knapp dreimal so lang wie unsere Sonne, die »erst« vor gut 4,5 Milliarden Jahren zündete.

Unsere Galaxis gehört damit zu den Gründungsmitgliedern des Universums. Ihre Scheibe mit den hellen Spiralarmen ist vermutlich unter dem Zustrom von immer neuem Gas entstanden. »Auch heute wächst sie noch weiter und wird immer dicker«, sagt Rix. Zwerggalaxien, die in sie eindringen, schütteln sie ordentlich und wirbeln ihr Material durcheinander. »Irgendwann wird sie sich in ein rundes Gebilde verwandeln« – in eine weniger prächtige, dafür aber noch massereichere elliptische Galaxie.

Dass die Milchstraße nicht längst zu einer solchen »Ellipse« mutiert ist, liegt an ihrer vergleichsweise ruhigen Geschichte. Sie hat erst wenige heftige Kollisionen mit anderen Galaxien hinter sich – aber noch einige Turbulenzen vor sich. So wird sie zunächst einige kleinere Galaxien verschlucken – etwa die beiden Magellanschen Wolken –, bevor der ganz große Brocken kommt: die Andromeda-Galaxie (M 31, siehe AH 11/2005, S. 44). Diese rast mit einer Geschwindigkeit von 120 Kilometer pro Sekunde auf uns zu und wird die Milchstraße in vier bis fünf Milliarden Jahren erreichen. Wenn die beiden riesigen Galaxien miteinander verschmelzen, werden sich die Spiralarme der Milchstraße endgültig auflösen.

Aber das ist reine Formsache. »Was wir beobachten, ist nur die Verteilung der Sterne und des Gases«, sagt Rix. Die Milchstraße schließt jedoch viel mehr Masse ein. Nur 15 Prozent ihrer Materie sind überhaupt für uns sichtbar. »Der Rest ist Dunkle Materie.«

85 Prozent der Masse unserer Milchstraße bestehen also aus einem uns völlig unbekannten Stoff. Wir wissen von ihm nur, dass er da ist und den riesigen, kugelförmigen Halo um die Milchstraße herum ausfüllt. Diese Dunkle Materie strahlt kein Licht ab. Deshalb kann sie im Lauf der Zeit weder abkühlen noch sich in einer Scheibe sammeln – so wie das Gas und die Sterne, die sich um das Zentrum der Galaxis drehen. So behält sie ihre einmal gewonnene Form.

Obwohl die Milchstraße nicht flach ist, entstehen die meisten Sterne in den Spiralarmen der Scheibenebene. Warum sich so lange nach dem Urknall immer noch neue Sterne und Planeten dort bilden und was diesen Kreislauf in Gang hält, erfahren Sie in der dritten Folge dieser Serie. <<

Thomas de Padova hat Physik und Astronomie studiert. Er lebt als freier Wissenschaftspublizist in Berlin.

Von der Kunst Kohle zu machen

>> Josef Gaßner und Harald Lesch

Unser Menschenhirn, unser Leib und Gebein – Mosaiken seien sie, derselben Elementarteilchen, aus denen Sterne und Sternstaub, die dunklen, getriebenen Dunstwolken des interstellaren Raums, beständen …

Das Leben, hervorgerufen aus dem Sein, wie dieses einst aus dem Nichts, das Leben, diese Blüte des Seins, es habe alle Grundstoffe mit der unbelebten Natur gemein, nicht einen habe es aufzuweisen, der nur ihm gehöre.

(Thomas Mann, »Bekenntnisse des Hochstaplers Felix Krull«)

Blicken wir hinaus ins Universum, sehen wir an chemischen Elementen in erster Linie Wasserstoff, Helium, Sauerstoff und Kohlenstoff. Wir bestehen ebenfalls aus Sauerstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff, erblicken da draußen also gewissermaßen die materiellen Voraussetzungen unserer eigenen Existenz.

Woran liegt es, dass diese fundamentalen Bausteine des Lebens in der beobachteten Häufigkeit vorkommen – oder anders gefragt, welche Prozesse sind es, die diese Elemente entstehen lassen? Wäre intelligentes Leben auch auf der Basis einer anderen Elementzusammensetzung möglich?

Machen wir einen Schritt nach dem anderen und betrachten zunächst die Entstehung der chemischen Elemente durch die Kernfusion oder »Nukleosynthese«:

Hierbei haben wir es mit konkurrierenden Kräften zu tun, wie sie unterschiedlicher kaum sein könnten: Die elektromagnetische Kraft mit ihrer unendlichen Reichweite stößt die positiv geladenen Atomkerne voneinander ab, während die starke Kernkraft mit ihrer extrem kurzen Reichweite versucht, sie miteinander zu verschmelzen.

In gewisser Weise ist dies vergleichbar mit zwei Artisten hoch oben im Zirkuszelt. Einer, der Springer, wird mit möglichst hoher Energie auf den anderen zuspringen, den Fänger. Fortwährend wird dabei die Erdanziehungskraft mit ihrer unendlichen Reichweite auf den Springer einwirken, und seine einzige Chance, den Fall zu verhindern, besteht darin, nahe genug an den Fänger heranzukommen, sodass die starken Arme der Artisten einander packen können. Fliegen sie zu weit aneinander vorbei, helfen auch die stärksten Muskeln nichts, es kommt keine dauerhafte Verbindung zu Stande.

Betrachten wir stattdessen zwei Protonen, die aufeinander zufliegen, so wächst die abstoßende Kraft sogar

NOAO

Kunstwerk aus Kohlenstoff
Der berühmte Pferdekopfnebel (Barnard 33) im Orion hebt sich mit seiner unverkennbaren Form gegen den leuchtenden Gasnebel LBN 954 ab, dessen Licht er wie Ruß verschluckt.

quadratisch an, je geringer der Abstand zwischen ihnen wird. Sie benötigen also entsprechend mehr Bewegungsenergie, damit sie sich so nahe kommen, dass die »starken Arme« der Kernkraft, mit ihrer Reichweite von gerade mal dem Durchmesser eines Atomkerns, zupacken können.

»Ausreichende Energie« ist hier, bei der zufälligen Bewegungen in einem Gas, gleichbedeutend mit »ausreichend hoher Temperatur«. Erst bei einer Milliarde Grad verfügen die Teilchen im Durchschnitt über genügend kinetische Energie. Dies ist ein Temperaturwert, der selbst im Innern unserer Sonne mit zehn Millionen Grad beim besten Willen nicht erreicht wird, wenngleich dort offensichtlich Kernfusion stattfindet.

Das Unmögliche möglich machen

Dass jeder einzelne Stoßpartner im günstigsten Fall des Frontalzusammenstoßes nur über die Hälfte der insgesamt notwendigen Energie verfügen muss, haben wir bei der Berechnung bereits miteinbezogen. Jetzt können wir noch darauf hoffen, dass die Geschwindigkeitsverteilung – gegeben durch die Maxwell-Boltzmann-Statistik, die berücksichtigt, dass sich eben nicht alle mit der Durchschnittsgeschwindigkeit bewegen, sondern manche langsamer und dafür andere schneller – ausreichend schnelle Protonen liefert. Der Beitrag ist jedoch fast null: e^{-1110}. Angesichts dieses Dilemmas wird Arthur Eddington (Foto S. 33) – ein Pionier auf diesem Gebiet – gerne zitiert mit: »We do not argue with the critic who urges that stars are not hot enough for this process; we tell him to go and find a hotter place.«

Die Rettung kommt schließlich von Seiten der Quantenmechanik. Auf Grund ihrer Winzigkeit unterliegen die Protonen nämlich dem quantenmechanischen Tunneleffekt. Dieser bewirkt, dass sie nicht scharf im Raum lokalisiert sind wie zwei Billardkugeln, >

ECKHARD SLAWIK

> die sich entweder berühren oder aneinander vorbeirollen. Sie sind vielmehr mit schwabbeligen Grützebällen vergleichbar, die sich mit etwas Glück, wenn sie sich nur nahe genug kommen, durch ihr Wabbeln doch berühren können. Präzise ausgedrückt fasst man das Proton als Wellenfunktion auf, die auch in räumliche Bereiche eindringen kann, welche für ein Teilchen ansonsten unerreichbar wären. Somit können die Protonen die Energiebarriere der elektromagnetischen Abstoßung mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit »durchtunneln«. Wer bislang also die Quantenmechanik eher als Spielwiese der theoretischen Physik abgetan hat, der möge sich an dieser Stelle vergegenwärtigen, dass wir allesamt unsere Existenz dem quantenmechanischen Tunneleffekt verdanken.

So weit, so gut. Jetzt stellt sich natürlich die Frage: Wenn die Fusion geladener Teilchen derart aufwändig ist, wieso greift die Natur dann nicht einfach auf Neutronen zurück? Die elektromagnetische Abstoßung wirkt ja nicht auf diese elektrisch neutralen Partikel.

Zu wenig standhaft

Dummerweise sind ungebundene, freie Neutronen als Fusionspartner in unserem Universum Mangelware, da sie innerhalb einer Viertelstunde zerfallen. Lediglich in Kernen können sie bestehen und das nur im Zusammenspiel mit Protonen – auch die Verbindung von zwei Neutronen allein, das Dineutron, zerfällt. Alle stabilen und damit in großer Menge verfügbaren Fusionspartner beinhalten also Protonen und sind somit elektrisch positiv geladen.

Eine ganz besondere Situation in unserem Universum, gewissermaßen das Eldorado der Nukleosynthese, haben wir allerdings bislang unterschlagen. In den ersten Minuten nach dem Urknall waren freie Neutronen nämlich in Hülle und Fülle vorhanden, weil sie gerade erst gebildet worden waren und deshalb noch nicht ausreichend Zeit zum Zerfallen hatten. Darüber hinaus war auch die herrschende Temperatur hoch genug, um Nukleosynthese im gesamten Universum ablaufen zu lassen. Dementsprechend hoch waren die Fusionsraten, wodurch die Elementhäufigkeiten in unserem Universum maßgeblich bestimmt wurden. Es gab nur eine einzige derartige Fusionsparty, die primordiale Nukleosynthese, und sie hat nur wenige Minuten gedauert. Ihr Kehraus lieferte fast ausschließlich Protonen – also nichts anderes als Wasserstoffkerne – und Heliumkerne, weil die Elemente mit fünf und acht Partikel im Kern (Massenzahlen A = 5 und A = 8) instabil sind und unmittelbar nach ihrer Entstehung wieder zerfallen, lange bevor sie als Zwischenprodukte in weiteren Stoß- und Fusionsprozessen mitwirken könnten. Deshalb sind Wasserstoff und Helium mit Abstand die häufigsten Elemente im Universum.

Der Weg zu schwereren Elementen bleibt der primordialen Nukleosynthese somit versperrt und es wird noch eine beträchtliche Zeit vergehen, bis sie in unserem Universum – im wahrsten Sinn des Worts – »das Licht der Welt erblicken«, nämlich genau dort, wo dieses Licht seinen Ursprung hat: im Innern von Sternen.

GLOSSAR

Massenzahl: Gibt die Anzahl aus den in einem Atomkern vorhandenen Protonen und Neutronen an. So hat Kohlenstoff (»Carbon«) jeweils sechs und wird deshalb auch bezeichnet als Kohlenstoff-12 oder kurz ^{12}C.

Alphateilchen: Historische Bezeichnung für Partikel, die bei einer bestimmten Art des radioaktiven Zerfalls erzeugt werden. Dabei handelt es sich um einen Zusammenschluss von je zwei Protonen und Neutronen, also um Kerne von Heliumatomen (^4He).

MeV: Abkürzung für Megaelektronenvolt (eine Million Elektronenvolt), eine in der Kern- und Elementarteilchenphysik gebräuchliche Energieeinheit.

Ruheenergie: Nach der Formel $E = mc^2$ das Äquivalent zur Masse eines unbewegten Teilchens. Für ein Elektron beträgt diese 0,511 MeV, bei einem Proton 938,3 MeV, und etwas mehr im Fall eines Neutrons, nämlich 939,6 MeV.

Der Kohlensack verdunkelt die Milchstraße im Kreuz des Südens (Karte S. 42). Solche Staubwolken enthalten Kohlenmonoxid, -dioxid, Siliziumkarbid, Grafit und amorphen Kohlenstoff.

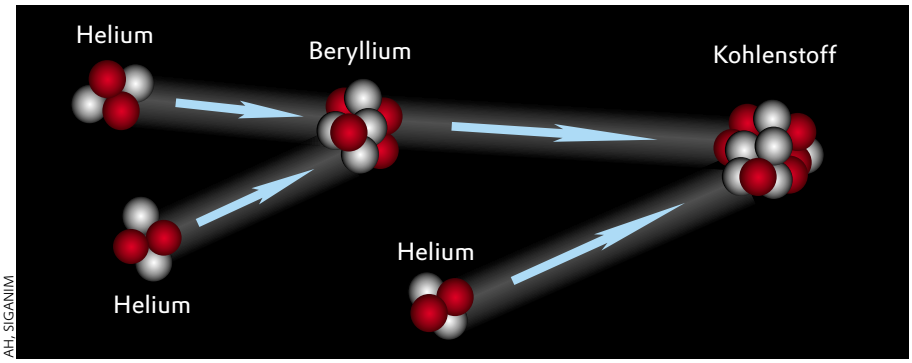
Die Probleme der Nukleosynthese, insbesondere die Instabilitätslücken bei A=5 und A=8 wie sie in der frühen Phase des Universums auftreten, sind grundsätzlicher Natur und betreffen ebenso die stellare Kernfusion. Demnach werden auch zwei Heliumkerne, die im Innern eines Sterns zu Beryllium-8 verschmelzen, in rund einer zehnbilliardstel Sekunde wieder in die beiden Ausgangsprodukte zerfallen sein. Der grundlegende Unterschied besteht jedoch darin, dass die Heliumkerne hier so dicht gepackt sind, dass innerhalb dieser kurzen Zeit ein Stoß mit einem weiteren Heliumkern stattfinden kann. Die stellare Nukleosynthese gewinnt damit den Wettlauf und das Zwischenprodukt Beryllium fusioniert mit einem weiteren Heliumkern zu Kohlenstoff-12. Man nennt diese gesamte Reaktionskette den 3-α- oder Tripel-Alpha-Prozess, da drei Heliumkerne – nach ihrem Vorkommen in radioaktiver Strahlung auch Alphateilchen genannt – darin verwickelt sind (Grafik rechts).

Während der primordialen Nukleosynthese war die Teilchendichte im Universum für diesen zweiten Stoß nicht groß genug. Bei der Fusion von Heliumkernen im Innern von Sternen ist sie jedoch so hoch, dass innerhalb besagter zehnbilliardster Sekunde nicht nur einer, sondern Millionen von Stößen stattfinden. Dies wäre in menschlichen Zeitmaßstäben damit vergleichbar, dass ein Berylliumkern mehrere Monate existiert und dabei jede Sekunde einen Stoß mit einem Heliumkern erleidet. Diesen extremen Bedingungen im Zentrum entsprechend heißer und dichter Sterne – den Roten Riesen – verdanken wir es also, dass die Fusion von drei Heliumkernen zu Kohlenstoff möglich wird.

Billard mit allen quantenmechanischen Tricks

Mit unseren Betrachtungen zur Kohlenstoffsynthese in Sternen wandeln wir gedanklich auf den Spuren von Fred Hoyle (Foto S. 33), der Anfang der 1950er Jahre erfolgreich versuchte, diese Fusionsprozesse im Detail zu verstehen. An genau diesem Punkt angelangt ergab sich jedoch bei seinen Berechnungen zum Tripel-Alpha-Prozess ein gravierendes Problem: Die beobachtete Häufigkeit von Kohlenstoff ließ sich einfach nicht erreichen. Schlimmer noch, seine Kalkulation lieferte so geringe Mengen, dass die Entstehung von Leben auf der Basis von Kohlenwasserstoffmolekülen im Universum kaum möglich schien.

Nun, Leben auf der Grundlage von Kohlenstoff, das musste es sehr wohl geben, davon konnte sich Fred Hoyle täglich im Spiegel vergewissern. Er löste das Problem kurzerhand, indem er eine fehlende Zutat in der Reaktionskette annahm, die den Prozess derart massiv unterstützt, dass die Produktion von Kohlenstoff um mehrere Zehnerpotenzen ansteigt. Diese so genannte Resonanz bei einer Energie von 7,65 MeV sollte seiner Vorhersage nach den Einfang des dritten Alphateilchens begünstigen. Sicherlich >



AH, SIGANIM

Drei Heliumatome fusionieren schrittweise im Triple-Alpha-Prozess. Nur wenn während der kurzen Lebensdauer des Berylliums ein drittes Alphateilchen eingefangen wird, entsteht ein Kohlenstoffkern.

CFHT, JEAN-CHARLES CUILLANDRE / COELUM

Der Elefantenrüssel IC 1396 hebt sich unweit von Herschels Granatstern im Kepheus gegen die Milchstraße ab – verziert mit zahlreichen Sternen und einer rot leuchtenden Region aus ionisiertem Wasserstoff.

> eine höchst selbstbewusste Art, seinen Berechnungen zum Erfolg zu verhelfen, nur: Die Resonanz wurde daraufhin tatsächlich experimentell bestätigt, und zwar bei genau 7,65 MeV!

Aber was müssen wir uns darunter vorstellen? Dass manche Kernreaktionen bei gewissen Energien effektiver ablaufen, war zu Hoyles Zeit bereits hinlänglich bekannt. Man wusste: Für bestimmte Gesamtenergien der Reaktionspartner – Ruheenergie plus kinetische Energie – wird die Reaktionswahrscheinlichkeit (ausgedrückt durch den Wirkungsquerschnitt) besonders groß. Nämlich genau dann, wenn der resultierende Atomkern diese Energie in seiner inneren Struktur optimal »verteilen« kann, in Portionen von einer Größe, die die Quantenmechanik vorgibt. Besteht andererseits ein Energieüberschuss, wird der Kern förmlich zu einer weiteren Reaktion genötigt, mit anderen Worten: Er zerfällt.

Addieren wir die Ruheenergie dreier Alphateilchen und ziehen die des entstandenen Kohlenstoffkerns ab, bleibt ein Überschuss von 7,275 MeV. Die durchschnittliche Bewegungsenergie der drei Heliumkerne liefert bei einer Temperatur von rund 250 Millionen Grad nochmals fast 0,1 MeV. Insgesamt liegen die energetischen Bedingungen für einen erfolgreichen Tripel-Alpha-Prozess im Innern von Roten Riesen also weniger als vier Prozent vom theoretischen Optimum – 7,65 MeV – entfernt.

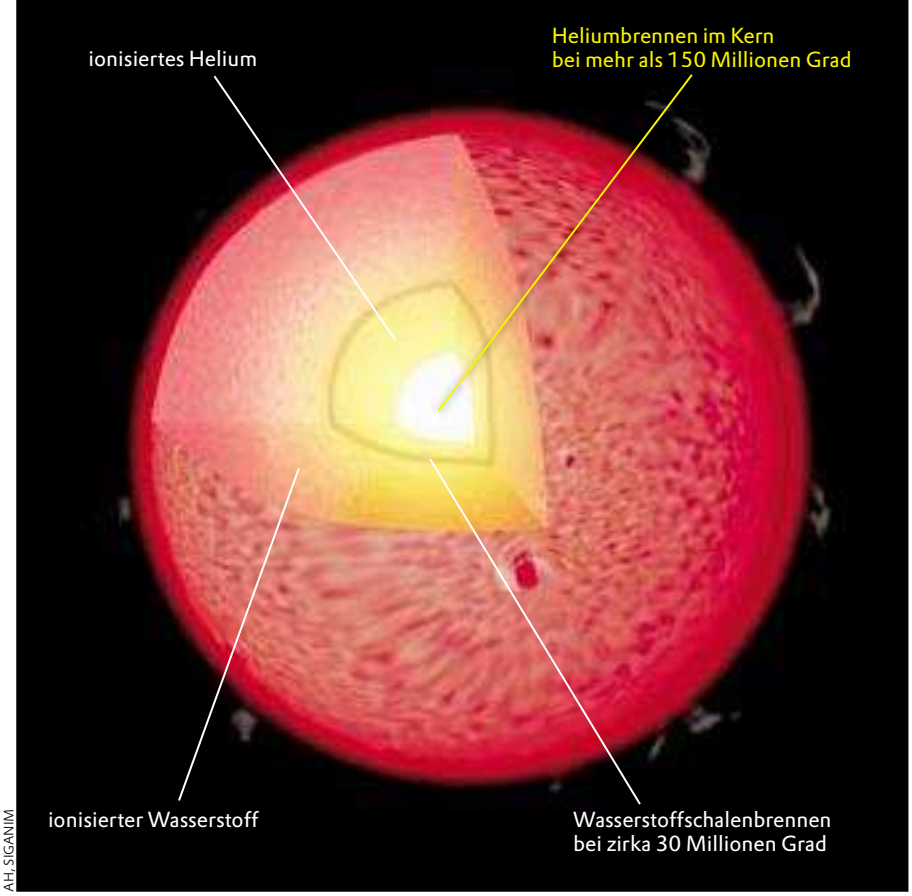
Diese Form der Punktlandung ist es also, der wir allesamt unsere Existenz verdanken. Wäre nämlich die Resonanz lediglich um ein Prozent höher, bräche die Fusionsrate schon auf 1/33 des Ist-Werts ein. Deshalb bezeichnen wir Kohlenstoff als wahren Glückspilz!

»I will survive!«

Aber damit nicht genug. In stellaren Fusionsprozessen wie beispielsweise der Reaktion von Helium-4 mit Kohlenstoff-12 zu Sauerstoff-16 plus einem Photon würde unser wertvolles Element größtenteils wieder vernichtet. Diese Reaktion verfügt ebenfalls über eine Resonanz, allerdings liegt sie knapp unterhalb der Differenz der Ruheenergien und kann deshalb durch Addition der Bewegungsenergie nicht erreicht werden. Auch andere »bedrohliche« Reaktionen, die Kohlenstoff zu Neon, Natrium oder Magnesium verarbeiten würden, leiden ebenfalls unter dem Fehlen einer passenden Resonanz, wodurch unser Protagonist alle weiteren stellaren Entwicklungen mit verhältnismäßig geringen Verlusten übersteht.

Doch der Kohlenstoff muss sein Glück noch mehr strapazieren, denn seine pure Existenz im Universum reicht noch nicht, solange dieser notwendige Lebensbaustein am Ende der Sternentwicklung lediglich in Form eines verdichteten Ascheklumpens vorliegt. Neben den Sternwinden sind es in erster Linie Supernovae, die den Kohlenstoff vor diesem äußerst langweiligen Schicksal bewahren. Der Ablauf einer Supernova steht nun wiederum auf sehr wackligen Beinen und weitere Glücksfälle müssen zusammentreffen, damit diese gewaltige Explosion stattfinden kann und Kohlenstoff – zusammen mit einer Reihe anderer schwerer Elemente – in das interstellare Medium hinausgeschleudert wird. Dort haben sie sich zu neuen Sternsystemen verdichtet – mit zumindest einem bislang bekannten Leben tragenden Planeten.

Höchste Zeit, ein paar Vereinfachungen zu beichten: Mit der skizzierten Fusion von Beryllium-8 und Helium-4 erhalten wir genau genommen einen angeregten Zustand des Kohlenstoff-12, der im Anschluss noch durch Abgabe eines Lichtteilchens in den Grundzustand zerfallen muss. Tatsächlich beschreitet nur einer von zirka 2500 Kernen erfolgreich



AH, SIGANIM

Rote-Riesen-Kohlenstoffmaschine Ist in der Spätphase eines Sternlebens der ganze Wasserstoff im Kern zu Helium geworden, liegen dort Temperatur und Dichte vor, bei denen Kohlenstoff entstehen kann.

diesen Weg, die anderen zerplatzen wieder in Heliumkerne. Das verringert zwar die Effizienz des Gesamtprozesses, unsere grundsätzliche Argumentation erleidet hierdurch allerdings keinen Schaden.

Schließlich stellt sich noch die Frage nach einer alternativen Kohlenstofferzeugung. Hier wäre beispielsweise Neutronenanlagerung bei Supernovae oder der Beschuss schwerer Kerne im interstellaren Medium durch hochenergetische Strahlung zu nennen. Kohlenstoff wäre jedoch, allein auf diesen Wegen entstanden, bestenfalls ein äußerst seltenes Element in unserem Universum – in jedem Fall zu selten für die Bildung von kohlenstoffbasiertem Leben.

Jetzt haben wir uns so viel Mühe gemacht mit der Entstehung von Kohlenstoff – hätte das Leben in unserem Universum nicht genauso gut auf Basis irgendeines anderen Elements entstehen können?

Intelligentes Leben ist eine komplexe Angelegenheit und Kohlenstoff mit seinen vier Valenzelektronen der klare Spitzenreiter unter allen denkbaren Kandidaten des Periodensystems, wenn es darum geht, komplexe Strukturen aufzubauen: Mit seiner Vierwertigkeit, das heißt, dem Vorhandensein von vier Elektronen, die als Andockstellen für Molekülbindungen zur Verfügung stehen, kann sonst nur noch Silizium mithalten. Doch damit nicht genug, Kohlenstoff hat weitere biologische Vorteile zu bieten – beispielsweise die Eigenschaft, Doppelbindungen einzugehen, wie etwa mit den zwei Valenzelektronen des Sauerstoffs. Dadurch kann es als Kohlendioxid (CO_2) problemlos auch einen gasförmigen Aggregatzustand annehmen. Silizium hingegen geht keine Doppelbindungen ein, die Folge sind Gitterstrukturen und somit in jedem Fall ein Festkörper. Zudem ist die Bindung von Kohlenstoff an Kohlenstoff im Vergleich zu Silizium an Silizium nahezu doppelt so stark. Das bedeutet, er hat bessere Voraussetzungen, lange und gleichzeitig stabile Molekülketten zu bilden. Die wiederum sind nötig für die Bildung intelligenten Lebens, schließlich haben wir gewaltige Datenmengen genetisch zu speichern.

Hat man sich erst einmal vergegenwärtigt, wie unabdingbar die Existenz von Kohlenstoff für die Entstehung von Leben einerseits ist und wie viele glückliche Umstände andererseits zur Entstehung dieses Element beitragen müssen, dann beginnt man das Universum und seine eigene Existenz mit völlig neuen Augen zu betrachten. Ein Universum ohne Kohlenstoff wäre auch ein Universum ohne uns. Demnach ist in Wirklichkeit nicht nur der Kohlenstoff der wahre Glückspilz sondern vielmehr wir allesamt mit ihm! <<

Der Mathematiker und Physiker **Josef Gaßner** arbeitet an quantitativen Modellen zum anthropischen Prinzip im Rahmen seiner Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität München. **Harald Lesch** ist dort Professor für theoretische Astrophysik sowie Professor für Naturphilosophie an der Hochschule für Philosophie (SJ), ebenfalls in München.

»Englischer Hochadel der Astrophysik«

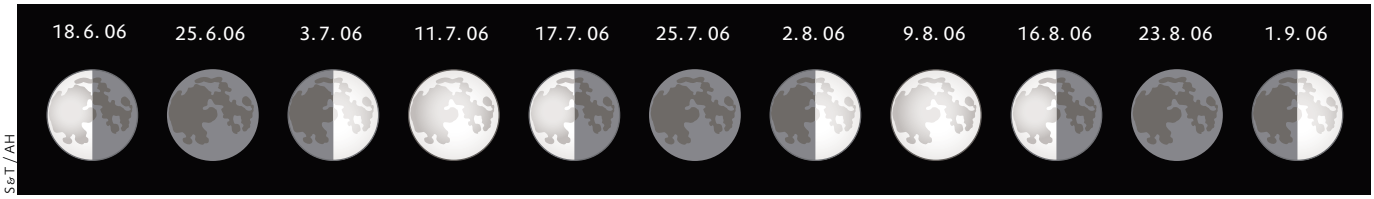
Sir Fred Hoyle (1915–2001, linkes Bild) und Sir Arthur Stanley Eddington (1882–1944, rechts) trugen wesentlich zum Verständnis der Prozesse in Sternen bei.

Wir haben an der Küste des Unbekannten
einen seltsamen Fußabdruck gefunden.
Wir haben tiefsinnige Theorien aufgestellt, eine nach der anderen,
das Wesen zu rekonstruieren, das den Abdruck hinterlassen hat.
Und siehe da! – es ist unser eigener.

(Arthur Eddington)

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

EDDINGTON: CORBIS; HOYLE: MIT FRDL. GEN. VON CHANDRA WICKRAMASINGHE. AUS: A JOURNEY WITH FRED HOYLE, 2005



S&T / AH

Ferienziele

Skorpion und Schütze enthalten eine Vielzahl interessanter Sehenswürdigkeiten, sind aber nur bei Reisen in den Süden in ihrer ganzen Pracht zu sehen. **>> Fred Schaaf**

An diesen Sommerabenden zeigt sich das nach Orion zweithellste Sternbild, das von unseren Breiten aus zumindest teilweise sichtbar ist: der Skorpion (»Scorpius«). Die Sache hat nur einen Haken – er steht in der Dämmerung nur knapp über dem Südhorizont, ein Teil des Sternbilds bleibt sogar darunter. Je weiter im Norden Sie sich aufhalten, desto stärker wird seine Helligkeit durch die Luftschichten und den Dunst abgeschwächt. Erst vom Mittelmeerraum aus ist das alte Sternbild vollständig zu sehen. Auf unserer Juli/August-Karte auf S. 46 ist ein Teil von ihm gerade noch am Südwesthorizont zu erkennen, bevor es vollständig untergeht.

Sein hellster Stern ist Antares (Alpha Scorpii, α Sco). Er markiert das Herz des klauen- und stachelbewehrten Spinnentiers. Der Name stammt aus dem Griechischen und bedeutet »Gegenmars«. Diese Bezeichnung erhielt er auf Grund seiner orangerötlichen Färbung, die an Mars erinnert. Allerdings besitzt Antares diese, weil er ein vergleichsweise kühler, rot glühender Stern ist. Mars hingegen ist ein Planet, der nur das Licht der Sonne reflektiert. Bei ihm entsteht die Tönung durch eisenhaltige Verbindungen auf seiner kalten, staubigen Oberfläche.

Neben Antares befinden sich die beiden Sterne Sigma und Tau Scorpii (σ und τ Sco, 2,9te und 2,8te Größe). Unterhalb der Verbindungslinie von Antares zu Sigma Scorpii versteckt sich schon das erste Deep-Sky-Objekt: der Kugelsternhaufen M4. Im Fernglas sieht er aus wie ein kleiner Wattebausch. Mit einem ausreichend großen Teleskop erkennen Sie dort einen ausgedehnten, nebligen Fleck, in dem hier und da das Licht unzähliger Sternpunkte glitzert.

Interessante Sterne

Rechts von Antares (im Westen) folgt der Kopf des Skorpions. Er wird durch die drei Sterne Beta, Delta und Pi Scorpii (β, δ und π Sco) dargestellt, die eine etwa in Nord-Süd-Richtung orientierte Linie bilden. Während Sie Beta Scorpii mit einem Teleskop als schönen Doppelstern auflösen können, verändert Delta Scorpii seit einigen Jahren seine Helligkeit. Manchmal leuchtet er bis zur 1,6ten Größe auf und wird zum hellsten Stern zwischen Antares und Spika (Alpha Virginis, α Vir). Wie hell ist er wohl jetzt, wenn Sie dies hier lesen?

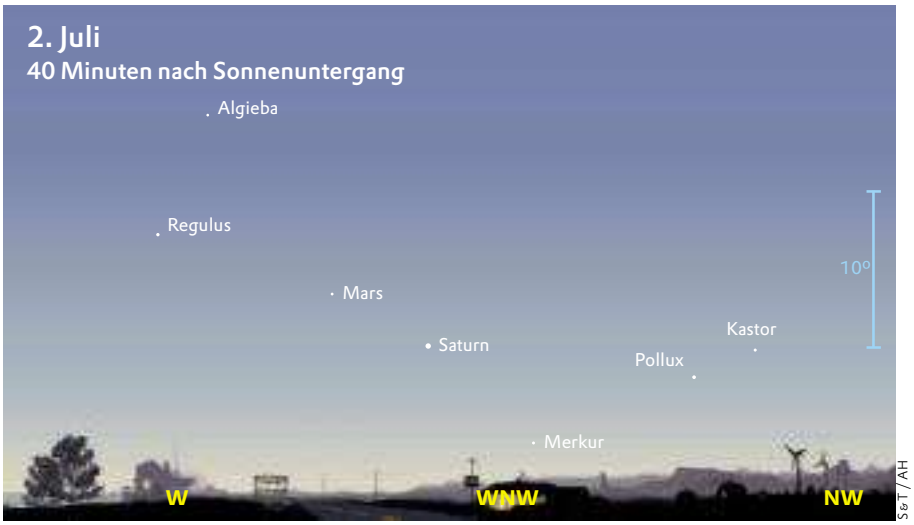
Die beiden benachbarten Sterne Lambda und Ypsilon Scorpii (λ und υ Sco) markieren den Stachel im Schwanz des Skorpions. Lambda leuchtet mit einer Helligkeit von 1,6ter Größe, Ypsilon etwas schwächer mit 2,7ter Größe. Sie werden manchmal auch »Katzenaugen« genannt.

Links oberhalb der Katzenaugen liegen zwei herrliche offene Sternhaufen. Der hellere, größere und südlichere der beiden ist M7, der andere M6. Die beiden wirken am besten im Teleskop bei geringer Vergrößerung. Dann können Sie bereits erkennen, warum M6 auch Schmetterlingshaufen heißt.

Neben dem Skorpion steht der Schütze (»Sagittarius«, Sgr) – ein weiteres Sternbild, dessen Sichtbarkeit unter seiner Position tief im Süden leidet. Seine Haupt- >

AKIRA FUJII

Schütze und Skorpion sind nur von südlichen Regionen aus vollständig sichtbar.



Eine Planetenparade können Sie am Abend des 2. Juli über dem Westhorizont beobachten.

> sterne bilden eine Formation, die auf Grund ihres Aussehens vor allem in den USA häufig als »Teekanne« bezeichnet wird (Foto S. 35). Über dem Ausgießer befindet sich der auffälligste Bereich der Milchstraße, die Große Sagittarius-Sternwolke. Hier schauen wir nicht nur in die Scheibe unserer Galaxie, sondern direkt in ihren hellen Zentralbereich.

Oberhalb dieses Flecks liegt eine kleinere, aber ziemlich dichte Sternwolke, die unter sehr guten Bedingungen bereits mit bloßem Auge sichtbar ist. Dies ist M24, die Kleine Sagittarius-Wolke. Mit einem Fernglas oder einem Teleskop können Sie noch Dutzende weiterer Sternhaufen und Nebel im Schützen erkennen. Die schönsten sind M8, der Lagunennebel, sowie der schwächere Trifidnebel M20 und M17, der Omega-, Schwan- oder Hufeisennebel. Beeindruckend ist auch der Kugelsternhaufen M22.

Hoch oben, etwas westlich, aber dennoch nahe dem Zenit, finden Sie ein kleines Sternbild, das nicht unter einem schlechten Sichtwinkel leiden muss. Die Leier (»Lyra«, siehe Karte S. 46) trägt den Namen eines altertümlichen, harfenähnlichen Musikinstruments. Ihr auffallendstes Merkmal ist Wega (Alpha Lyrae, α Lyr), der hellste Stern in den traditionellen Sommersternbildern.

Die Mitglieder des Sommerdreiecks

Manchmal bezeichne ich Wega als den Königinnenstern oder den Saphir des Sommers. Sie bildet mit den beiden ein bisschen schwächeren Sternen Deneb (Alpha Cygni, α Cyg) und Atair (Alpha Aquilae, α Aql) etwas tiefer im Osten das Sommerdreieck.

Nahe bei Wega steht Epsilon Lyrae (ε Lyr), ein schöner Doppelstern für Beobachtungen mit dem Fernglas. Wenn Sie ein kleines Teleskop mit mindestens 100-facher Vergrößerung verwenden, können Sie jede der beiden Komponenten noch einmal in zwei Sternpaare auflösen. Eigentlich sind es vier Sterne, daher trägt Epsilon auch den Spitznamen »Doppel-Doppel« oder »der Vierfachstern in der Leier«.

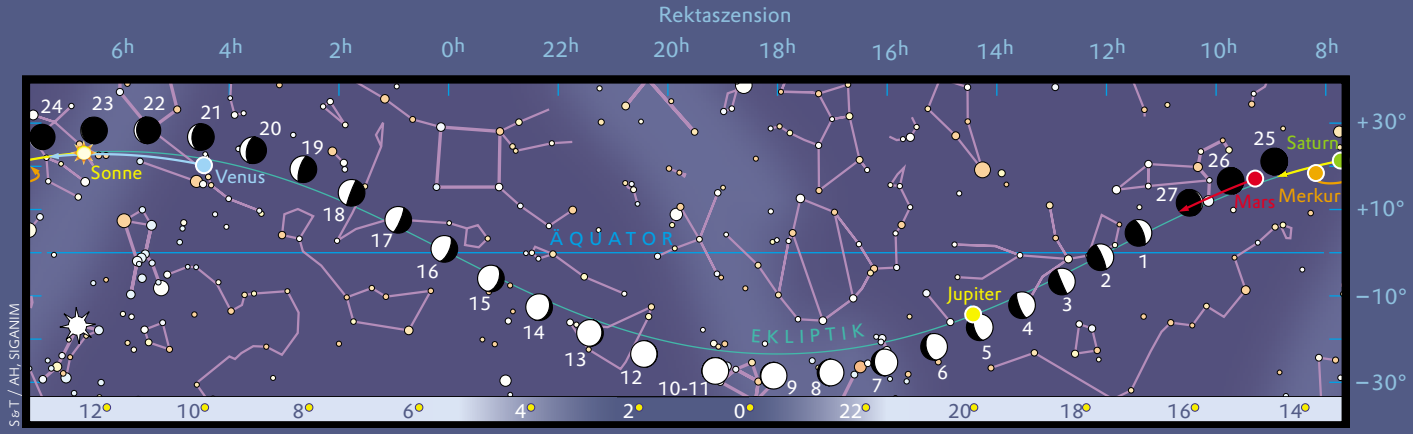
Das Sternbild ist auch die Heimat für ein schönes Deep-Sky-Objekt. Zwischen Beta und Gamma Lyrae (β und γ Lyr), den südlichen Sternen des Leier-Parallelogramms, finden Sie M57, den berühmten Ringnebel. Er ist ein Planetarischer Nebel, bestehend aus der Gashülle eines sterbenden Sterns. Mit 40- oder 50facher Vergrößerung an Ihrem Fernrohr können Sie eine winzige graue Scheibe zwischen den Sternpunkten erkennen. Mit einer 125fachen oder noch stärkeren Vergrößerung können Sie sehen, dass es sich um einen schimmernden Ring handelt.

Planeten

Jupiter scheint in der Abenddämmerung hoch im Südwesten. Der helle Riesenplanet erreicht am 2. August seine östliche Quadratur (90 Grad Abstand von der Sonne). Achten Sie im Teleskop darauf, dass seine östliche Seite etwas schlechter ausgeleuchtet ist als seine westliche, die direkt von der Sonne angestrahlt wird.

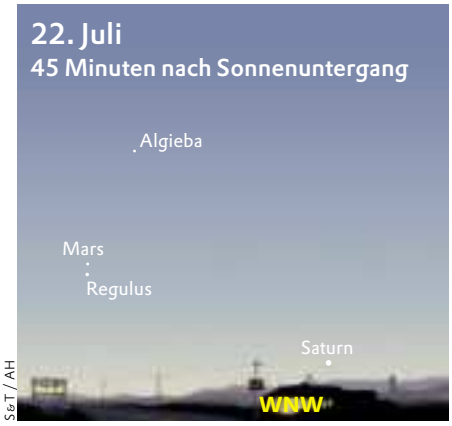
Die Monatspanoramen zeigen Phasen und Positionen des Monds vom 25. Juni bis zum 24. Juli und vom 23. Juli bis zum 22. August. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an (korrigiert auf Sommerzeit), wenn der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

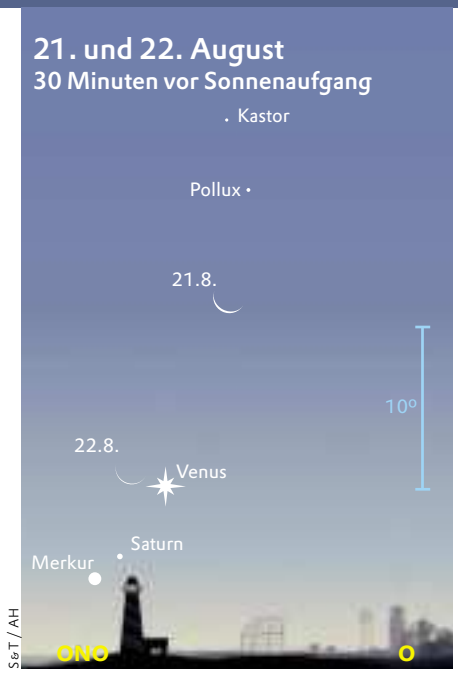
Der Mond und die Planeten im Juli 2006



Zu einer engen Begegnung

von Mars und Regulus (unten) kommt es bereits Ende Juli. Merkur und Venus bilden Ende August ein hübsches Paar (rechts), mit Saturn in ihrer Mitte.





Ende August zieht Jupiter in weniger als zwei Grad Entfernung an Alpha Librae vorbei – das entspricht etwa einer Fingerbreite bei ausgestrecktem Arm.

Mars ist mit 1,8ter Größe im Juli sogar schwächer als einige Sterne und sinkt immer tiefer in die westliche Abenddämmerung (Grafik oben, links), bevor er im August im Sonnenuntergang verschwindet. Zuvor zieht der Rote Planet allerdings am 21. und 22. Juli am bläulich weißen Regulus (Alpha Leonis, α Leo) vorbei (Grafik oben links). Sie sind dann nur noch etwa zwei drittel Grad voneinander getrennt, weniger als einen halben Finger breit. Allerdings kann man die beiden so tief in der Dämmerung nicht leicht beobachten. Anfang August benötigen Sie zumindest einen Feldstecher, wenn Sie 45 Minuten nach Sonnenuntergang noch einen kurzen Blick auf den Planeten erhaschen möchten.

Venus strahlt am 2. Juli nur vier Grad links oberhalb des schwächeren Aldebaran, also weniger als eine halbe Faustbreite. Sie geht in den frühen Morgenstunden kurz vor der Dämmerung auf. Am schönsten ist sie während der beginnenden Dämmerung, wenn sie noch tief im Ostnordosten steht.

Merkur zeigt sich in den ersten beiden Juliwochen am Abendhimmel, zusammen mit Mars und Saturn. Anfang August steht er am Morgenhimmel unterhalb der Venus und rückt jeden Tag näher an sie heran, bevor er in etwa zwei bis drei Grad Entfernung von ihr stehen bleibt (Grafik oben rechts).

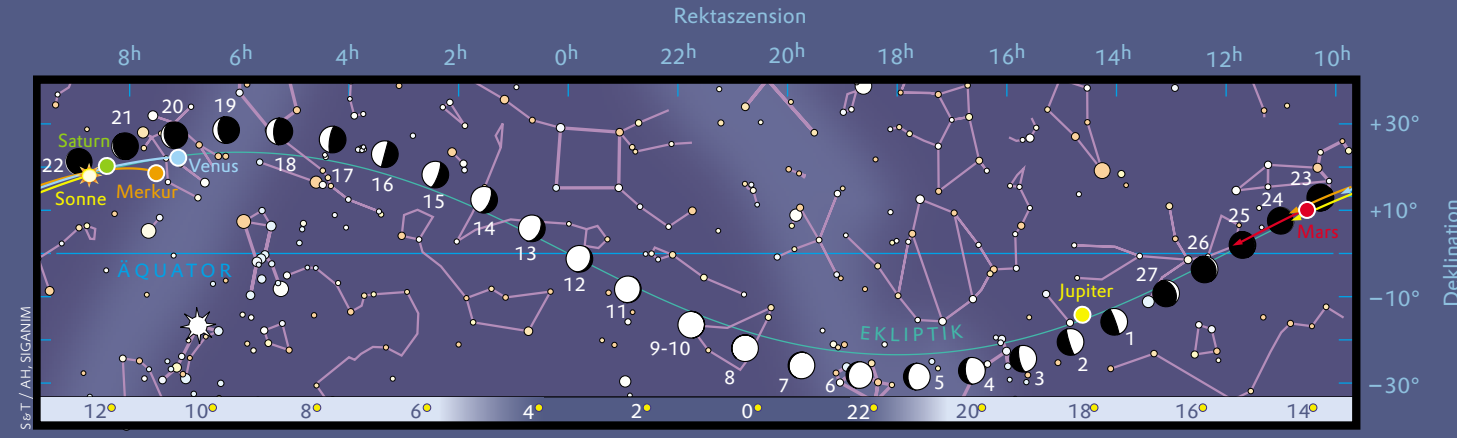
Saturn ist zwar etwas heller als Mars, steht abends jedoch näher am Horizont. Er sinkt rasch tiefer und verschwindet gegen Mitte Juli im hellen Licht der Sonne. Im August taucht er in der Morgendämmerung nicht weit von Merkur und Venus wieder auf. Er zieht langsam unter den beiden vorbei und steht am 20. August nur ein Grad unterhalb und am 21. ein Grad rechts oberhalb von Merkur. Am 26. steht er zwei drittel Grad links unterhalb der Venus und am nächsten Morgen nur ein halbes Grad rechts oberhalb von ihr. Um diese Begegnung zu verfolgen, benötigen Sie allerdings ein Fernglas.

Der Mond nimmt immer weiter zu, wenn er in der Abenddämmerung des 5. Juli sowie am 1. und 29. August bei Jupiter zu sehen ist. Am Morgen des 22. und 23. Juli wie auch am 21. und 22. August erscheint eine extrem dünne, abnehmende Mondsichel bei Venus. Sie nähert sich dem Planeten bis auf etwa drei oder vier Grad. Mit einem Fernglas können Sie bei dieser Begegnung im August noch Saturn und Merkur nebenan erkennen. Die vier liegen in einem 7,5 Grad großen Kreis und passen somit zusammen in das Gesichtsfeld eines Weitwinkelfernglases. Wieder zurück zum Abendhimmel: Am 27. Juli steht die dünne, zunehmende Mondsichel links oberhalb von Mars und Regulus. Am Abend des 31. Juli leuchtet der Mond direkt unterhalb von Spika (Alpha Virginis, α Vir).

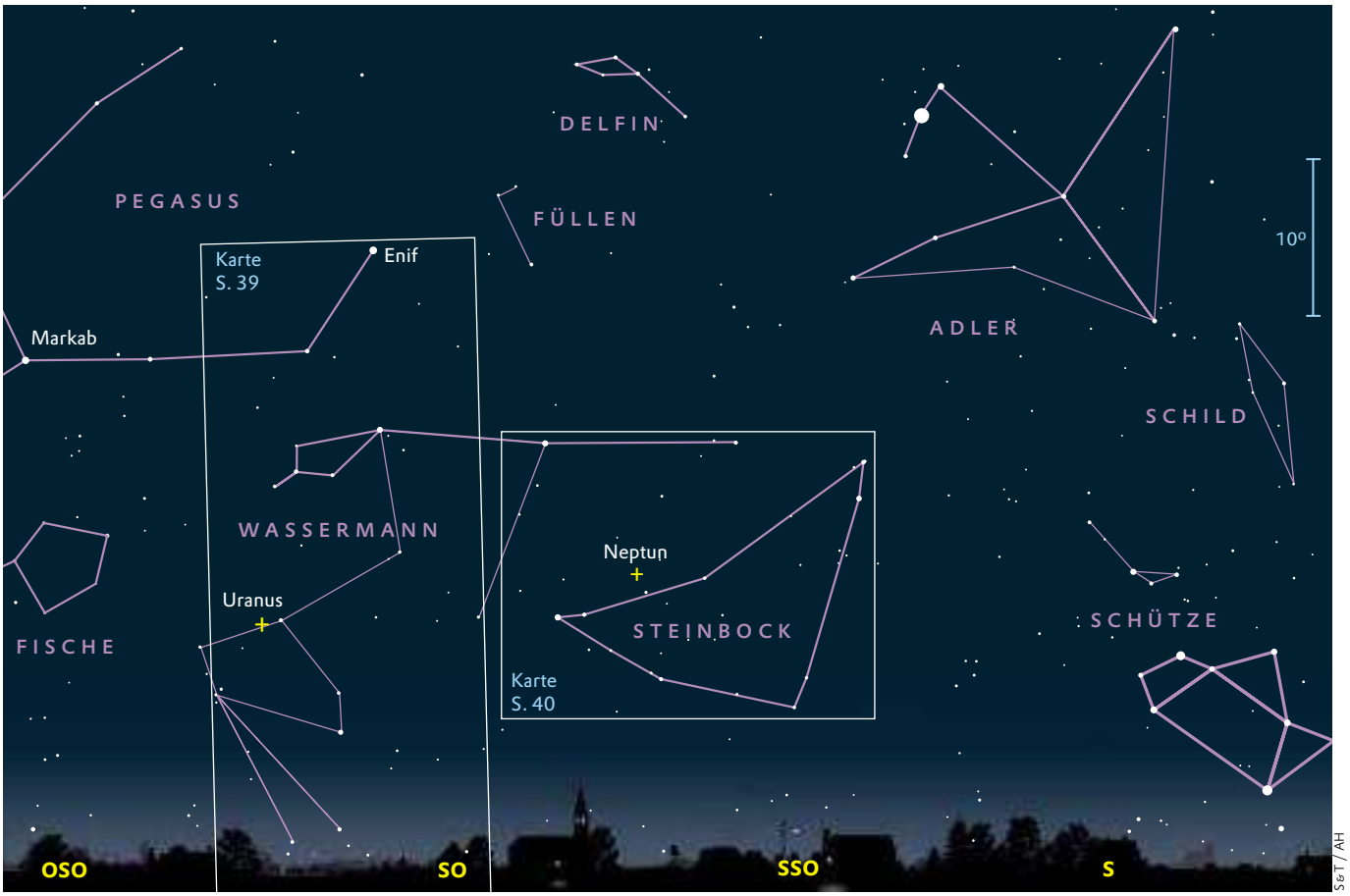
Der Perseiden-Meteorschauer erreicht sein Maximum am 12. August gegen 23 Uhr. Selbst einen Tag später können Sie noch einige der Meteore über den Himmel flitzen sehen. Allerdings stört das Licht des Halbmonds, wodurch die schwächeren Sternschnuppen verborgen bleiben. Dennoch werden Sie im Schnitt alle paar Minuten einen Meteor sehen können. <<

Fred Schaaf hat in milden Sommernächten immer ein Fernglas griffbereit.

Der Mond und die Planeten im August 2006



Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.



Blaue Riesen

Uranus und Neptun sind am südlichen Sternhimmel Nachbarn. Um sie aufzufinden, können Sie diese Karte und die auf den nächsten Seiten gezeigten Ausschnitte nutzen.

Uranus und Neptun lassen sich leicht mit Sternen verwechseln. Aber das ist okay, den früheren Astronomen passierte das auch.

>> Kelly Beatty

Der Nachthimmel wimmelt nur so von Nebeln, Sternhaufen und Galaxien. Doch manchmal gehen Sie hinaus, um ein ganz bestimmtes Objekt zu beobachten – eines, das Sie noch nie zuvor gesehen haben. Und wenn Sie es schließlich gefunden haben, sind Sie stolz und betrachten das Objekt nun für immer mit ganz anderen Augen.

Genauso ist es mit den äußeren Planeten Uranus und Neptun, deren Bahnen jenseits des Saturns liegen. Bestimmt wissen Sie, dass die auf Grund ihrer mächtigen und dichten Atmosphären als Gasriesen bezeichneten Planeten sehr viel größer sind als die Erde. Auch haben Sie sicher vom Besuch der Voyager-2-Sonde vor einigen Jahrzehnten gehört. Doch etwas über diese fernen blauen Welten zu lesen, ist eine Sache – sie mit eigenen Augen zu sehen eine ganz andere. Gerade jetzt stehen Uranus und Neptun in der gleichen Himmelsregion.

Blick ins Wasser

Mit der Beobachtung sollten Sie einige Stunden nach Sonnenuntergang beginnen, im frühen Juli gegen 2.00 Uhr und Ende August gegen 23.00 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit. Bis dahin stehen beide Planeten ausreichend hoch über dem Horizont, im Südosten beziehungsweise Südsüdosten. Zu dieser Jahreszeit befinden sich in dieser Richtung keine prominenten Sterne.

Stattdessen schauen Sie ins »Wasser«, Heimat einiger schwächerer Konstellationen mit maritimen Namen: des Wals, der Fische, des Wassermanns und auch des Steinbocks.

Mit den Sternkarten auf den Seiten 46 und 47 können Sie sich schon einmal mit dieser Region vertraut machen. Der einzelne helle Stern, der knapp über dem südöstlichen Horizont auftaucht, ist Fomalhaut (Alpha Piscis Austrini, α PsA), der Hauptstern des südlichen Fischs.

Wenn irgend möglich, beobachten Sie von einem dunklen Ort abseits der Stadt aus. Außerdem sollte der Mond nicht hell am Himmel stehen. Die erste Juliwo-

Die anderen »blauen Planeten« des Sonnensystems: Uranus (links) und Neptun. Ihre Farbe verdanken sie gasförmigem Methan.

che, vom 19.7. bis 5.8. und wieder ab dem 15.8. sind somit die beste Zeit.

Obwohl sich in seiner Umgebung einige schwache Sterne befinden, ist Uranus leicht zu finden. Wenn Sie gute Augen haben und der Himmel ganz dunkel ist, können Sie den Planeten sogar gerade eben noch mit bloßem Auge erkennen. Hier sind zwei Anleitungen für das Star-hopping zu Uranus, die Sie beide auf der Karte rechts verfolgen können.

Am Rand des Martiniglases

Von oben: Hoch im Südosten steht ein Quartett mittelheller, weit auseinander liegender Sterne – das große Pegasusviereck. Zurzeit balanciert es auf einer Spitze und sieht daher aus wie ein Diamant. Beginnen Sie bei Markab, an der rechten Ecke. Von dort aus hangeln Sie sich entlang einiger kleiner Sterne, die den Hals des Flügelpferds darstellen, weiter nach rechts bis zum Stern Enif (Epsilon Pegasi, ε Peg) – der Nase des Pegasus. Unterhalb von Enif, etwas tiefer als eine Faustbreit bei ausgestrecktem Arm, suchen Sie die vier Sterne, die im Zickzack stehen. Ich finde, sie sehen ungefähr so aus wie ein Liegstuhl.

Sie müssen ein Stück weiter abwärts, und zwar nochmal genauso weit. Dort stoßen Sie auf die Seite eines gleichschenkligen Dreiecks, das an seiner unteren Spitze ein Schwänzchen hat – ein Martiniglas vielleicht? Suchen Sie den Rand des Glases mit Ihrem Fernglas oder Teleskop nach Uranus ab. Anfang Juli befindet er sich etwa 3 Grad und am 1.9. ungefähr 1,5 Grad östlich von Lambda Aquarii, λ Aqr.

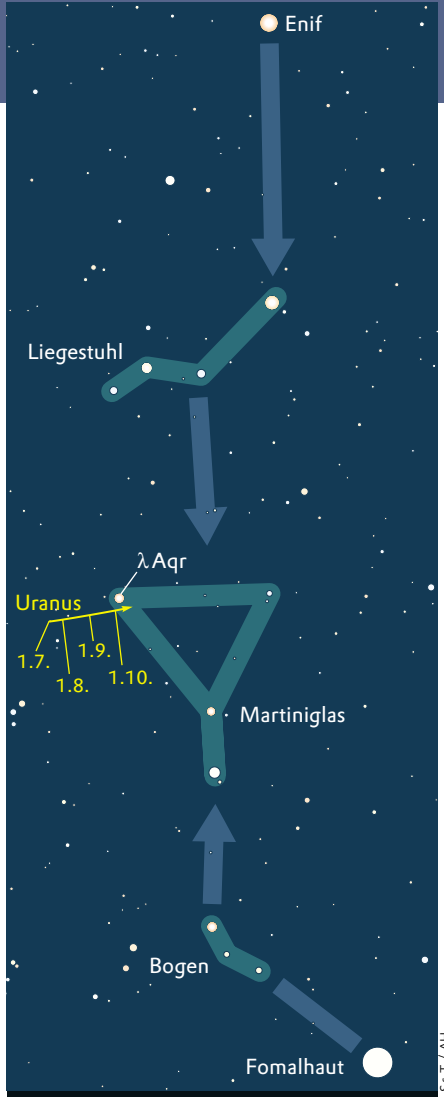
Von unten: Wenn der helle Fomalhaut über den Horizont geklettert ist, können Sie auch ihn als Ausgangspunkt wählen. Etwas links über dem markanten Stern, etwa eine Faust breit entfernt, erstrecken sich im Bogen drei Sterne 4. und 5. Größe. Noch einmal so weit folgen Sie dem Bogen aufwärts, und schon sind Sie beim Stiel des Martiniglases angelangt, dem unteren Ausläufer des Dreiecks. Von da aus springen Sie wieder zu dessen oberem Rand und suchen Uranus dort wie oben beschrieben. Er leuchtet mit 5,7ter Größe heller als alle Sterne in seiner unmittelbaren Umgebung und sollte daher auch mit dem Feldstecher leicht erkennbar sein.

Dennoch merken Sie wahrscheinlich nicht auf Anhieb, dass Sie einen Planeten im Visier haben. Zwar ist Uranus viermal so groß wie die Erde, dafür jedoch 2,8 Milliarden Kilometer entfernt. Um sicher zu sein, dass Sie den Richtigen erwischt haben, schauen Sie eine Woche später noch einmal nach. Bis dahin muss er zwischen den anderen Sternen westwärts (nach rechts) gewandert sein. Sie können sich aber auch durch die typische, blassblaue Färbung des Planeten absichern. Mir erscheint er im kleinen Teleskop mit drei oder vier Zoll Öffnung schwach himmelblau. Größere Geräte zeigen ihn heller. Dann changiert Uranus in einem kräftigeren Aquamarin.

Aber sollte Uranus nicht rund aussehen statt wie ein sternartiger Lichtpunkt? Ja, doch das ist nicht so deutlich zu erkennen wie bei Jupiter, Saturn oder Mars. Sie müssen die Vergrößerung schon ziemlich steigern, wenn Sie das erkennen wollen. Eine Ahnung von einem Planetenscheibchen bekomme ich bei hundertfacher Vergrößerung. Einen kleinen, aber deutlichen Kreis sehe ich erst ab einer 150fachen. Übrigens dürfen Sie nicht erwarten, Wolkenformationen zu sehen. Selbst in professionellen Teleskopen zeigt sich Uranus strukturlos. Und auch seine 27 bekannten Monde leuchten allesamt zu schwach, um mit einer einfachen Amateurausrüstung sichtbar zu werden.

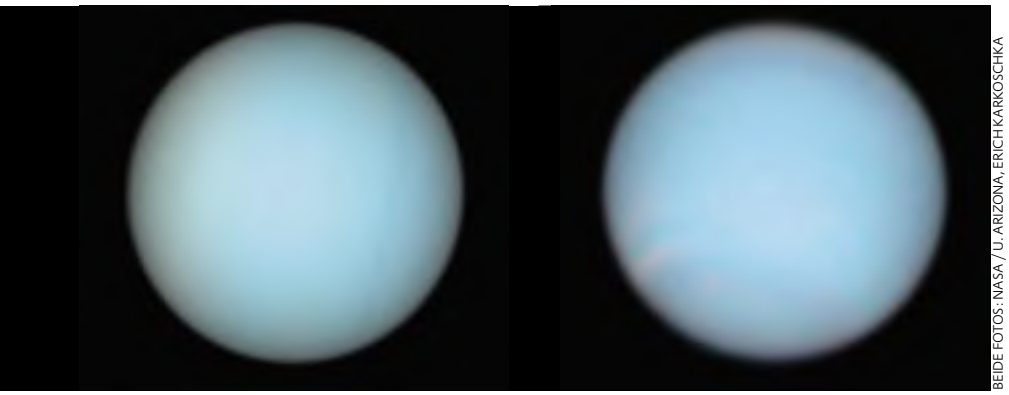
Uranus war die erste Neuentdeckung seit der Antike. Im Jahr 1781 suchte William Herschel von seinem Garten im englischen Bath aus den Himmel ab und entdeckte ihn – und zwar zufällig (siehe Artikel S. 16). Der deutsch-britische Astronom hatte mit einem von ihm selbst gebauten Teleskop den Himmel vermessen, als er auf eine winzige blasse Scheibe stieß. Zunächst dachte Herschel, er habe einen Kometen erwischt, doch bald wurde ihm klar, dass der kleine blaugrüne Punkt ein Planet sein musste. Erstaunlicherweise war Uranus schon vor Herschel einer ganzen Reihe anderer Forscher aufgefalllen, doch sie alle hielten ihn für einen Stern.

Die Entdeckung Neptuns dagegen war kein Zufall. Astronomen hatten in Uranus' Umlaufperiode Unregelmäßigkeiten festgestellt und einen großen, noch unbekannten Planeten als Ursache dafür vermutet. Um 1840 errechneten >

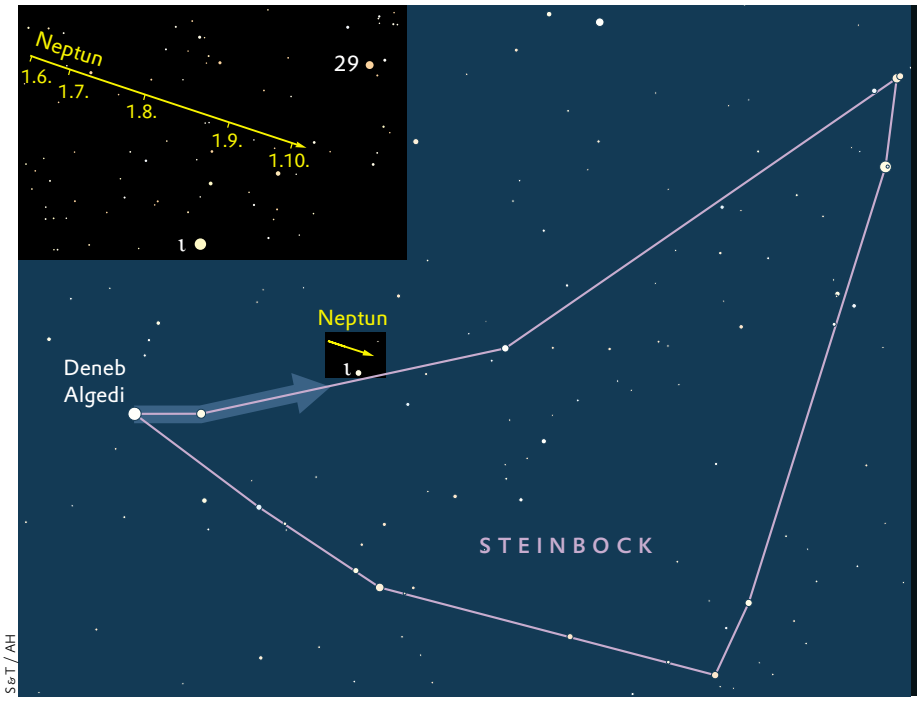


S&T / AH

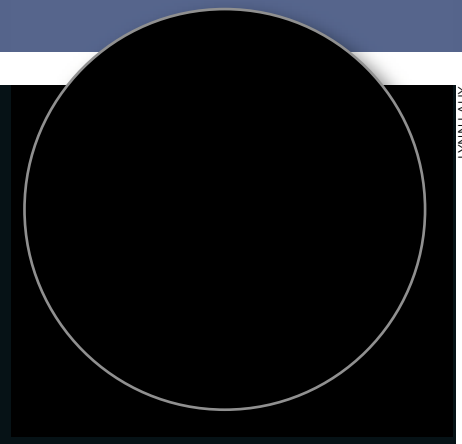
Uranus lässt sich auf zweierlei Weise finden. Entweder man startet die Suche am Pegasusviereck oder beginnt bei Fomalhaut.



BEIDE FOTOS: NASA / U. ARIZONA, ERICH KARKOSCHKA



S&T / AH



LYNN LAUX

Uranus' blasses Blau lässt sich auf dieser Aufnahme durch einen Achtzöller gerade so erkennen (oben). Neptun findet sich im Sternbild Steinbock. Schwenken Sie von Deneb Algedi westwärts zu Iota Capricorni. Ein Stern 7,5ter Größe 35 Bogenminuten nördlich bietet sich zum Star-hopping zu dem etwas leuchtschwächeren Planeten an.

> unabhängig voneinander zwei junge Mathematiker, John Couch Adams und Urbain Leverrier, wo dieser zu finden sein müsse. Den Ruhm erntete schließlich Leverrier allein, denn anhand seiner Vorhersagen spürte ihn der deutsche Astronom Johann Galle auf – am 23. September 1846, gleich in der ersten Nacht seiner Suche.

Damals stand der »Störplanet« ganz in der Nähe von Saturn. Ihnen wird ein solches Signalfeuer das Auffinden Neptuns jedoch nicht erleichtern. Stattdessen müssen Sie sich entlang den schwachen Sternen des Steinbocks herantasten (Grafik oben). Dessen breite Segelform finden Sie am südsüdöstlichen Horizont; ihre Größe entspricht etwa Ihrer Fingerspannweite bei ausgestrecktem Arm. Wenn Sie die Sterne des Segels nicht sehen können, wird die Suche frustrierend – dann wählen Sie lieber einen dunkleren Standort. Neptun besitzt nur ein Siebtel der Helligkeit von Uranus: 7,8te Größe. Vielleicht finden Sie ihn mit dem Feldstecher; aber um ganz sicher zu gehen, brauchen Sie ein Fernrohr.

Wie auf der Karte zu sehen, können Sie die Wanderung zu Neptun entweder in der linken oder der rechten oberen Ecke des Sternbilds beginnen. Einfacher geht es wahrscheinlich von links, vom Stern Deneb Algedi (Delta Capricorni, δCap, 3. Größe) aus. Mit dem Sucher schwenken Sie von ihm aus Richtung Westen entlang einer Linie aus Sternen. Beim zweiten (Iota Capricorni, ι Cap, 4. Größe) halten Sie an: Den platzieren Sie bei geringer Vergrößerung in Ihrem Teleskop.

Blau durch Methan

Etwa einen Vollmonddurchmesser nördlich von Iota steht ein gelber Stern 7,5ter Größe. Verlängern Sie die Strecke Ende August um den gleichen Betrag, so landen Sie genau bei dem nur wenig lichtschwächeren Neptun.

Falls Ihr Instrument ein größeres Gesichtsfeld hat – ein Feldstecher oder Weitwinkelfernrohr –, schauen Sie alternativ nach 29 Capricorni, einer roten Sonne 5. Größe. Neptun bildet Anfang August mit ihr und Iota ein rechtwinkliges Dreieck, das zunehmend stumpfer wird. Anfang Oktober stehen die drei in einer Linie, kurze Zeit später ändert der Planet die Richtung und läuft wieder ostwärts.

Der achte Planet ist nicht ganz so leicht zu finden wie Uranus, denn er leuchtet noch schwächer. Aber mit ziemlicher Sicherheit funkelt er genauso blau wie auf den Fotos von Raumsonden und Teleskopen.

Uranus' und Neptuns wässrige Farben haben ihren Ursprung nicht in Ozeanen aus Wasser wie auf der Erde, sondern in dem dichten Gasgemisch, das sie umgibt. Wasserstoff und Helium dominieren die Atmosphären beider Planeten, zwei farblose und durchsichtige Gase. Doch hinzu kommt etwas Methan, das vorzugsweise rotes Licht absorbiert. So dringt Sonnenlicht in die Gashülle ein und wird von tieferen Wolkenschichten reflektiert. Wenn es die Atmosphäre wieder verlässt, fehlt ihm fast der ganze Rotanteil. Als Ergebnis sehen wir blaues Licht. Auf Uranus scheint die Sonne vierhundertmal schwächer als auf der Erde. Neptun ist noch 1,6 Milliarden Kilometer weiter draußen im All, ihn erreicht nur ein Neunhundertstel von dem Sonnenlicht, das wir sehen. Weil sich die Entfernungen der beiden von der Erde nie groß ändern, schwanken auch ihre Helligkeiten nicht merklich.

Wenn Sie Uranus und Neptun am Sommerhimmel gefunden haben, dürfen Sie sich auf die Schulter klopfen. Sie haben zwei Planeten entdeckt, die einige der berühmtesten Astronomen der Weltgeschichte nicht erkannt haben! <<

Und Pluto?

Auch der kleinste Planet steht in diesen Wochen am Himmel, und zwar weit unten im Schlangenträger. Doch er leuchtet so schwach, dass man zu seiner Beobachtung mindestens ein Zehn-Zoll-Teleskop benötigt.

Kelly Beatty verfolgte vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) der Nasa in Kalifornien aus für Sky & Telescope alle Vorbeiflüge der Voyager-Sonde an Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

FELDSTECHERTIPP

Albireo: Doppelstern in Orange-Blau

Der Sommer ist eine tolle Zeit für Beobachtungen mit dem Feldstecher! Das schimmernde Band der Milchstraße steht hoch am Himmel und lädt zu ausgedehnten Ausflügen in ihr Sternenmeer ein. Die Nächte sind oft angenehm warm, sodass man die kurzen Nachtstunden am besten auf einem Liegestuhl verbringt und die Wunder des Himmels entspannt über sich hinwegziehen lassen kann. Wer noch keinen Feldstecher hat, sollte sich spätestens jetzt einen zulegen.

Typisch für den Sommerhimmel ist das grandiose Sternbild des Schwans (»Cygnus«), der seine Schwingen weit übers Firmament ausbreitet. Die auffällige Anordnung seiner hellsten Sterne, auch Großes Kreuz des Nordens genannt, liegt eingebettet in das reich strukturierte Band der Milchstraße, mit Bereichen unzähliger Sterne und dunkel erscheinender Staubflecken. Der hellste Stern des Schwans, Deneb (Alpha Cygni, α Cyg), bildet den Schwanz, der Kopf dagegen wird vom Doppelsternsystem mit dem wohl schönsten Farbkontrast markiert: Albireo (Beta Cygni, β Cyg) besteht aus einem orangefarbenen Überriesen 3,1ter Größe und seinem Begleiter, einer heißen stahlblauen Sonne 5,1ter Größe. Die arabischen Astronomen des Mittelalters nannten ihn »Schnabel«.

Der recht beachtliche Helligkeitsunter-schied macht es nicht einfach, den Doppelstern im Feldstecher zu trennen. In meinem bildstabilisierten 15×50er gelingt das aber sehr gut. Bei nur zehnfacher Vergrößerung wird der schwächere Begleiter jedoch leicht vom helleren Hauptstern überstrahlt und bleibt unsichtbar.

Versuchen Sie in jedem Fall Ihr Glück. Denn bei einer erfolgreichen Sichtung werden Sie mit einem Anblick belohnt, der Sie sicher nicht auf Ihrer Liege einschlafen lässt. **>> Lambert Spix**

Am südlichen Ende der Cygnus-Sternwolke liegt Albireo, der wohl schönste Doppelstern am Himmel.

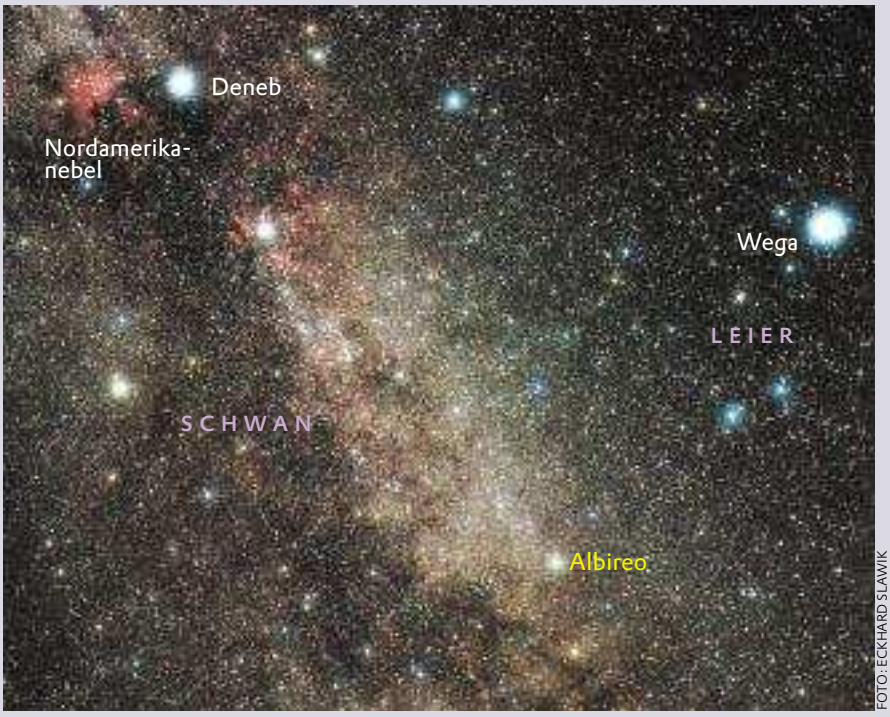


FOTO: ECKHARD SLAWIK

Hofheim Instruments

Hofheim Instruments M. Tennigkeit
Hattersheimerstr. 29 a
D - 65719 Hofheim
Telefon +49 (0) 61 92 - 22 333

Service@HofheimInstruments.com
www.HofheimInstruments.com

Davon haben Sie schon immer geträumt.

Ein 8kg leichtes Handgepäckstück für Ihre nächste Flugreise mit der vollen Leistung eines kompletten 8-Zoll-Dobsons. Stabil und solide aus Aluminium, Birke-Multiplex und Edelstahl.

Alles ist drin: zerlegbarer F/4-Newton in Gitterbauweise, 2-Zoll-Drehfokussierer, klassische Dobson-Montierung. Industriell gefertigt, extrem einfach zu handhaben, optimal in Größe, Gewicht und optischer Leistung. Perfekt für die Galaxien- und Nebeljagd in Ihrem nächsten Urlaub.

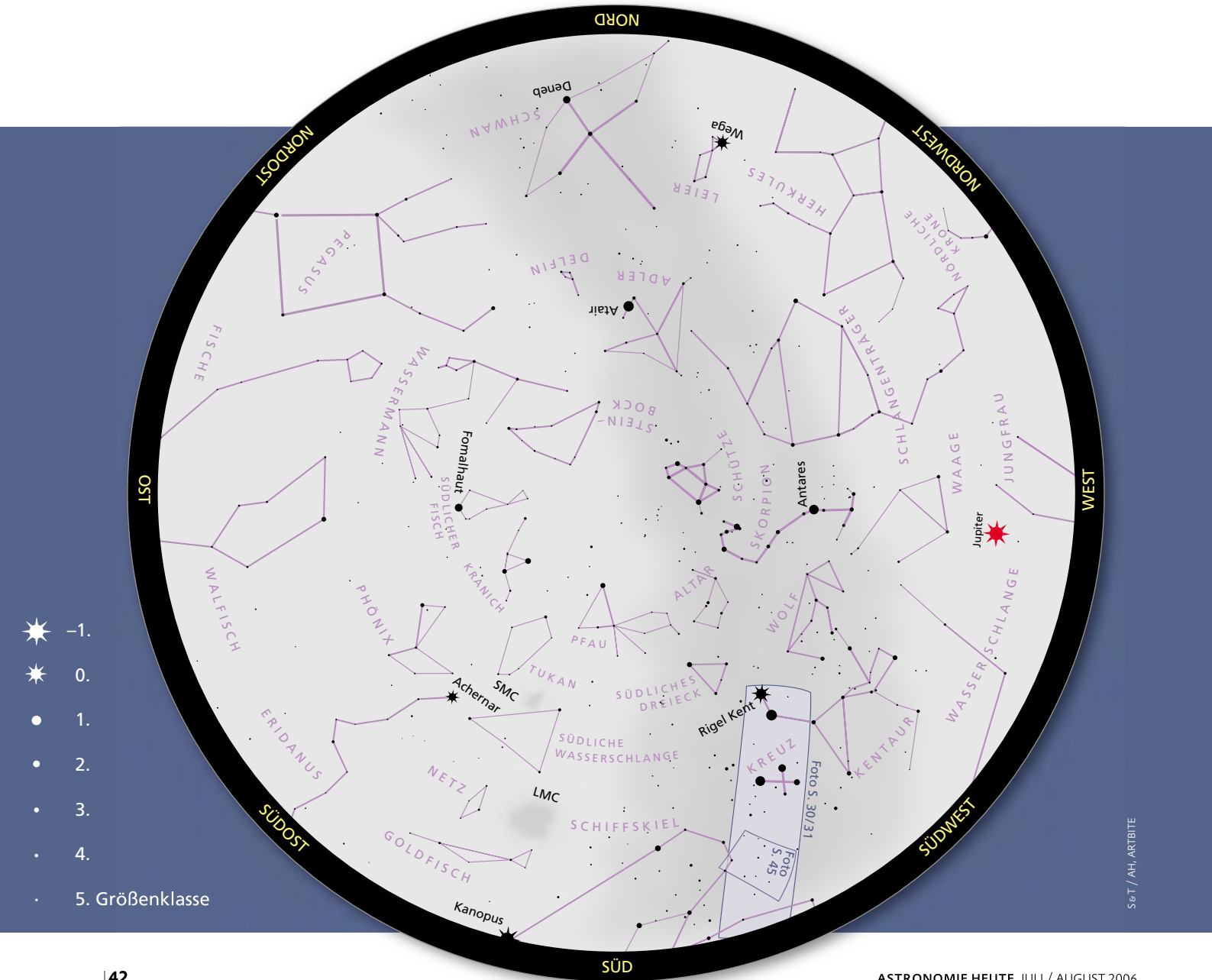
Und jetzt neu: **Großes Zubehörprogramm** für unterwegs, das keine Wünsche offen lässt.

Lacailles Deep Sky

An Abenden im Juli und August können wir in die Fußstapfen eines Pioniers des Südhimmels treten. **>> Greg Bryant**

Nicolas-Louis de Lacaille war ein französischer Astronom des 18. Jahrhunderts. Heute ist er dafür bekannt, dass er verschiedenen Sternbildern wie etwa Teleskop oder Bildhauer ihren Namen gegeben hat.

Lacaille unternahm in den Jahren 1751 und 1752 im Auftrag der französischen Akademie der Wissenschaften eine Expedition ins südafrikanische Kapstadt. Unter anderem vermaß er dort den Südhimmel. Damals bestimmte er die Position von 9766 Sternen. Außerdem erstellte er einen kleinen Katalog mit 42 Deep-Sky-Objekten, der 1755 in Frankreich veröffentlicht wurde – 16 Jahre bevor der erste Teil von Charles Messiers berühmtem Katalog in Druck ging.



S&T / AH, ARTBITE

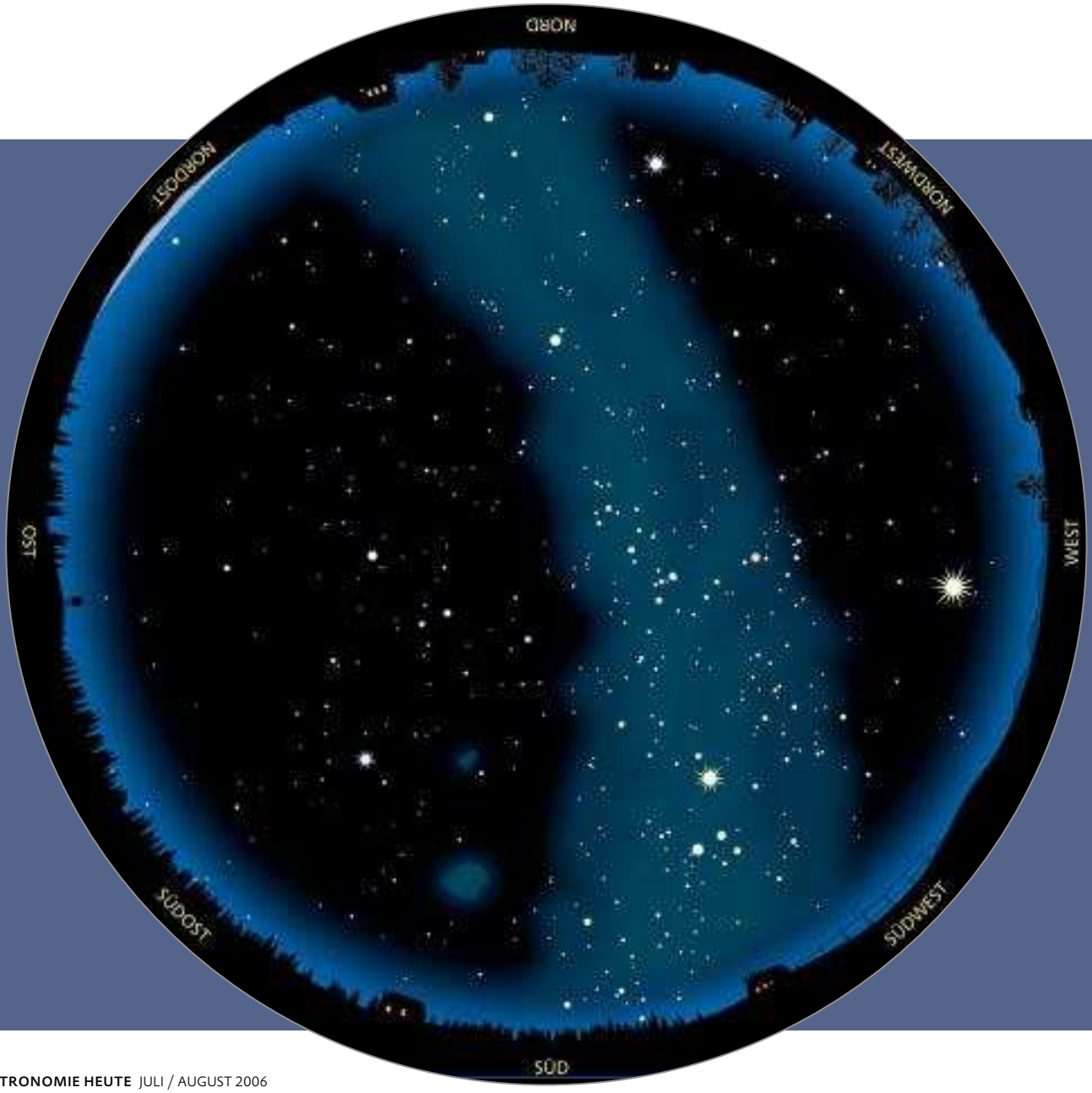
AH, SIGANIM

Die überwiegende Mehrzahl der Lacaille'schen Objekte waren Entdeckungen von ihm selbst, denn bis zu diesem Zeitpunkt hatten sich nur wenige Astronomen so weit nach Süden vorgewagt: Diese Himmelsbereiche waren noch unerforscht. Da er durch ein einfaches Teleskop mit einer Öffnung von nur einem halben Zoll (1,3 Zentimeter) beobachtete, sind alle seine Deep-Sky-Objekte auch mit bloßem Auge oder einem Feldstecher sichtbar.

Die Übersichtskarte auf dieser Doppelseite ist auf den Breitengrad von Kapstadt zugeschnitten, daher zeigt sie den heutigen Himmel ganz so, wie Lacaille ihn in den Winternächten auf der Südhalbkugel sah – im Juli und August vor 250 Jahren.

Auf mittlerer Höhe am Westhimmel liegt der Stern Zeta Puppis (ζ Pup). Er ist auch als Naos bekannt und hat eine Helligkeit von 2,2ter Größe. Naos ist der hellste Stern oder die »Lucida« von Puppis, obwohl er den griechischen Buchstaben Zeta trägt. Das kommt daher, dass Naos ursprünglich Teil des seit der Antike bekannten Sternbilds Argo Navis war. Erst Lacaille zerteilte dieses ausgedehnte Sternbild in die drei heute bekannten Ab- >

Der Nachthimmel bei 35 Grad südlicher Breite entspricht etwa der Linie Sydney (Australien) – Kapstadt (Südafrika) – Buenos Aires (Argentinien). Die Ortszeit, zu der Sie den auf der Karte abgebildeten Ausschnitt sehen können, entnehmen Sie bitte der Zeitleiste (oben). Beachten Sie, dass in Australien von Ende Oktober bis Ende März Sommerzeit gilt, in Südafrika und Argentinien dagegen nicht (wie oben angegeben).



S & T / AH, ARTBITE

S&T / DENNIS DI CICCO

Der rötliche Eta-Carinae-Nebel wird von vier hellen offenen Sternhaufen flankiert. Norden ist oben.

> schnitte: Puppis, das Achterschiff; Vela, das Segel; und Carina, den Schiffskiel.

Etwa drei Grad nordwestlich von Naos befindet sich der von Lacaille entdeckte offene Sternhaufen NGC2477 (Caldwell 71) mit einer Helligkeit von 6. Größe. Er ist der sternreichste offene Haufen im Achterschiff. Naos und NGC2477 stehen gleichzeitig im Gesichtsfeld eines Fernglases. Nur wenige Beobachter auf der Nordhalbkugel kennen diesen Sternhaufen, obwohl er nur vier Grad südlicher liegt als das südlichste Messier-Objekt, M7 im Skorpion. Einen anderen von Lacaille entdeckten Sternhaufen, NGC2546, können Sie drei Grad nordöstlich von Naos betrachten.

Lenken wir unsere Aufmerksamkeit am Westhimmel nun etwas nach oben, auf das Sternbild Segel, das auf der Karte S. 42 nicht mehr zu sehen ist. Delta Velorum, ein Stern 1,9ter Größe in einer Entfernung von 80 Lichtjahren, ist sein zweithellster Stern. Er bildet die westlichste Spitze des »Falschen Kreuzes«, eines hellen Sternmusters.

Weniger als zwei Grad nordnordwestlich von Delta Velorum befindet sich der Stern Omikron Velorum (o Vel) mit einer Helligkeit von 3,7ter Größe. Omikron Velorum liegt im Herzen des offenen Sternhaufens IC2391 (Caldwell 85) und ist etwa 500 Lichtjahre entfernt. Entdeckt wurde der Haufen fast ein Jahrtausend vor Lacaille. Um 964 n. Chr. bemerkte ihn der persische Astronom al-Sufi und beschrieb das, was er ohne technische Hilfsmittel wahrnahm, als nebelhaften Stern. Lacaille geht noch weiter und notiert, dass er durch sein kleines Teleskop wie »ein kleiner Haufen Sterne« wirke.

Die südlichen Plejaden

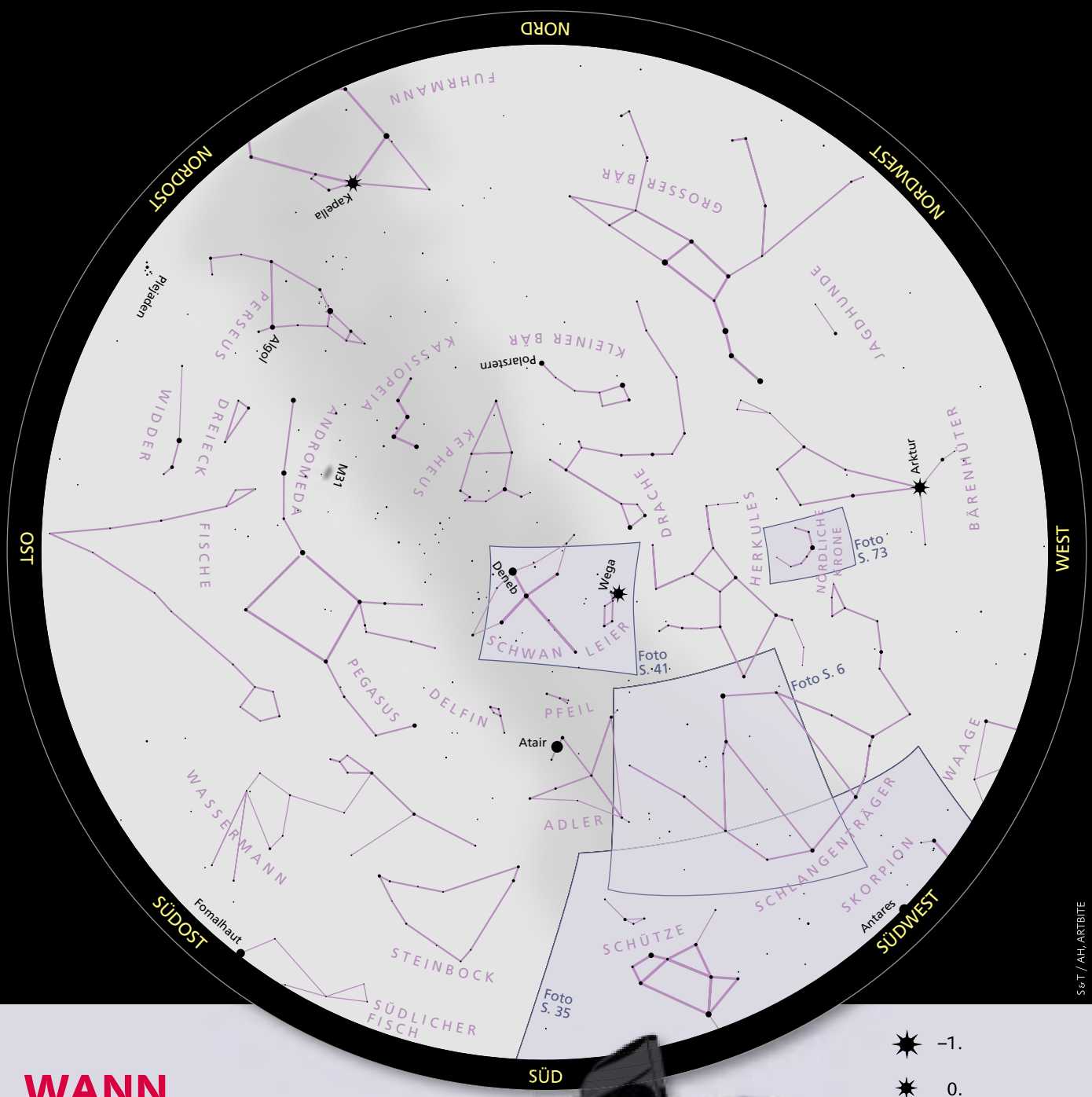
Carina beherbergt auch ein anderes bemerkenswertes Deep-Sky-Objekt, den offenen Sternhaufen IC2602. Theta Carinae (θ Car) ist mit 2,7ter Größe der hellste Stern in dieser Gruppe, die Lacaille mit den Plejaden (M45) verglich. Daher ist diese Gruppe auch als »südliche Plejaden« bekannt. Er sieht jedoch anders aus als sein Namensvetter im Norden, denn Theta tritt unter den Sternen von IC2602 deutlich hervor, während die auffälligeren Mitglieder der Plejaden ähnliche Helligkeiten haben.

IC2602 ist einer von vier bereits mit bloßem Auge erkennbaren Sternhaufen (die anderen sind NGC3114, NGC3293 und NGC3532 – die beiden letzten wurden von Lacaille entdeckt), die weniger als fünf Grad von einem der herausragenden Beobachtungsobjekte des Südhimmels entfernt sind: dem großartigen Eta-Carinae-Nebel (η Car). Zwar hätte ihn zweifellos jeder entdecken können, der in einer mondlosen Nacht dieses Gebiet am Himmel betrachtet hätte. Doch es ist Lacailles Verdienst, dass er als Erster diese bereits mit bloßem Auge sichtbare Pracht aufgelistet hat.

In seinem Katalog gibt es noch viel mehr zu entdecken. Lacaille war ein Pionier, der den Südsternhimmel für alle Beobachter nach ihm erschlossen hat. Genau wie der französische Astronom vor mehr als zwei Jahrhunderten können auch Sie sich aufmachen, ihn zu erforschen – Sie brauchen dazu nur die angefügte Sternkarte, Ihre Augen und vielleicht ein Fernglas. <<

Greg Bryant erreichen Sie unter der E-Mail-Adresse gchbryant@fastmail.fm.

STERNTAFEL



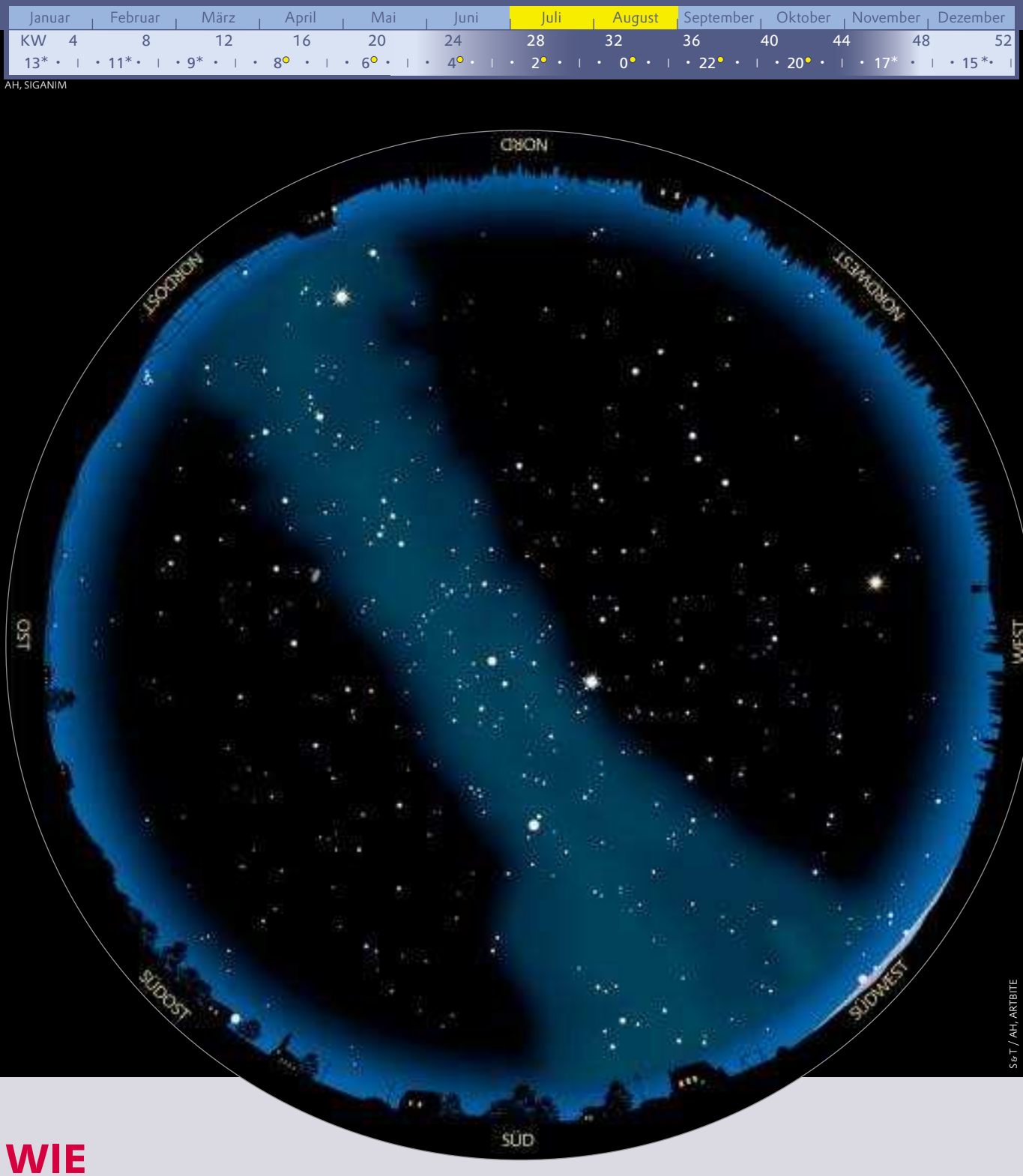
WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Juni, zweite Hälfte: **3 Uhr**°
August, erste Hälfte: **Mitternacht**°
September, zweite Hälfte: **21 Uhr**°

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

–1.
0.
1.
2.
3.
4.
5. Größenklasse



AH, SIGANIM

S&T / AH, ARTBITE

WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum der Karte dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das Herbstviereck des Pegasus steht bereits im Osten auf halber Höhe. Weiter oben hängt das Sommerdreieck aus Wega, Atair und Deneb vom Zenit nach Süden hinunter. Von dunklen Plätzen aus können Sie hier das Band der Milchstraße sehen, die sich am Schützen vorbei zum Südsüdwesthorizont zieht. Ist der Himmel frei von Dunst, sehen Sie dort großflächige Sternwolken in Richtung des Zentrums der Galaxis.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.

Niederschläge

Die Strahlenkränze der Mondkrater sind überraschend hell.

>> Charles A. Wood

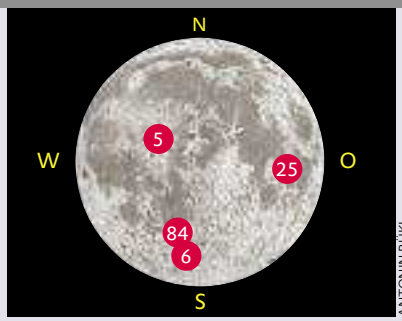
Einschlagkrater sind kosmische Ausgrabungsstätten. Beim Aufprall eines Meteoriten wird Material herausgeschleudert und in der Umgebung verteilt. Ein Teil dieses pulverisierten Gesteins lagert sich auf dem Kraterwall ab, der Rest geht in größerer Entfernung nieder. In einem Gebiet mit dem doppelten Radius des jeweiligen Kraters wird das Gelände von einer dünnen Schicht aus Auswurfmaterial und Trümmerstücken gleichmäßig bedeckt. In größerer Entfernung ist die Trümmerdecke ungleichmäßiger, da größere Bruchstücke Sekundärkrater mit weißen Höfen aus pulverisiertem Gestein erzeugen. Noch beindruckender sind die hellen Strahlen, die Hunderte oder sogar Tausende von Kilometern lang sein können.

GARY SERONIK

Lunar Top 100

- 5 **Copernicus:** großer, vielgestaltiger Krater
- 6 **Tycho:** 85 Kilometer großer Strahlenkrater mit Impaktschmelzen
- 25 **Messier und Messier A:** Kraterpaar, das durch einen schrägen Einschlag entstand
- 84 **Pitatus:** 97 Kilometer großer Krater mit Trümmern von Tycho

So finden Sie die Mondstrahlen



ANTONIN RÜKL

Die günstigste Beobachtungszeit für die Strahlensysteme ist bei Vollmond, also um den 11. 6., 11. 7. und 9. 8. 2006 herum.

Der Krater Tycho trägt in meiner Lunar-Top-100-Liste (AH 7-8/2004, S. 54) die Nummer 6 und hat das beeindruckendste Strahlensystem auf dem ganzen Himmelskörper. In der Zeit um Vollmond sind diese Strahlen, die von dem nur 85 Kilometer großen Krater ausgehen, bereits mit kleinen Ferngläsern deutlich zu erkennen. Die hellsten Ausläufer reichen im Nordwesten bis in das Mare Nubium, im Nordosten in das Mare Nectaris und im Südwesten zu dem Krater Bailly, der sich am Mondrand befindet. Dass sie nicht immer durchgehend sind, kann man am besten auf dem Boden des Kraters Pitatus erkennen, der etwa 400 Kilometer nordwestlich von Tycho liegt (Bild rechts). Wenn Sie diesen Krater in Ihrem Teleskop beobachten, werden Sie drei längliche Flecken sehen, die auf Tycho ausgerichtet sind, sowie eine Gruppe kleiner Sekundärkrater am südlichen Ende jedes dieser Flecken (Pfeile). Offensichtlich schlugen Trümmerstücke des Auswurfmaterials von Tycho auf dem Boden von Pitatus ein und erzeugten diese Krater. Die Flecken stammen von pulverisiertem Auswurfmaterial, das jenseits von ihnen niederging.

Unser Wissen über die Strahlensysteme basiert hauptsächlich auf der Arbeit von Eugene Shoemaker in den 1960er Jahren. Aber erst kürzlich konnten B. Ray Hawke von der University of Hawaii und seine Kollegen zeigen, dass ihre Helligkeit zwei verschiedene Ursachen haben kann. Schon mit bloßem Auge kann man

Vollmond ist die beste Zeit zur Beobachtung der hellen Strahlenkrater. Tychos Strahlen beherrschen die südliche Hemisphäre. Das auffällige Strahlensystem im Westen (Mitte links) umgibt den Krater Copernicus.

WES HIGGINS

dunkle Maregebiete und helle Hochländer erkennen. Die von den Apollo-Missionen eingesammelten Bodenproben zeigten, dass die Mondmeere aus basaltischen Lavaflüssen bestehen. Sie enthalten reichlich dunklen Basalt. Im Gegensatz dazu bestehen die Hochländer größtenteils aus hellem Anorthositgestein. Einige Kraterstrahlen sind deshalb so gut zu sehen, weil hier helles Hochlandgestein dunklere Lava überlagert.

Wenn die Strahlen aber nur aus hellem Hochlandmaterial bestünden, das die dunkleren Maria überdeckt, dann könnten wir niemals welche bei Kratern erkennen, die in den Meeren entstanden. Doch auch das gibt es! Das Kraterpaar Messier und Messier A ist ein gutes Beispiel für diesen zweiten Entstehungsprozess.

Zwei verschiedene Arten von Mondstrahlen

Dieses Paar ist durch einen schrägen Einschlag entstanden und trägt in meiner Liste die Nummer 25. Die beiden Krater sind recht klein – bei ihrer Entstehung wurde nicht die ganze Lavaschicht des Mare Fecunditatis durchschlagen. Das Hochlandgestein unter der Lavadecke wurde daher bei dem Einschlag nicht aufgewirbelt, sodass die Strahlen des Kraters Messier nur dunklen Basalt enthalten. Sie sind deswegen so gut sichtbar, weil sie aus feinem Gesteinsstaub bestehen, der bei dem Einschlag entstand. Dieses Pulver reflektiert das Licht in alle Richtungen, statt es einfach nur zu absorbieren. Tatsächlich ist jedes pulverisierte Material zumindest am Anfang sehr hell, egal ob es aus hellem Anorthosit oder dunklem basaltischem Gestein besteht.

Die Strahlen bleiben jedoch nicht immer so hell, da sie ständig vom Sonnenwind und von Mikrometeoriten bombardiert werden. Durch diese »Weltraumerosion« dunkeln sie im Lauf der Zeit nach. Der Prozess läuft jedoch nicht immer mit derselben Geschwindigkeit ab. Eigentlich dunkles Material, das nur hell erscheint, weil es pulverisiert wurde, altert schneller als heller Staub aus dem Hochland. Am Krater Copernicus (5) können Sie beide Arten des Alterungsprozesses beobachten. Hier wurde vor fast einer Milliarde Jahren Hochlandmaterial herausgeschleudert, das sich an der Einschlagstelle zwischen zwei Mondmeeren befand. Seitdem hat die Helligkeit der Strahlen, die durch das stark pulverisierte und hoch reflektierende Auswurfmaterial verursacht wird, durch die Verwitterung abgenommen. Auf Grund des anorthositischen Materials sind sie trotzdem noch etwas heller. In weiteren zwei Milliarden Jahren wird der ständige Meteoritenregen das hellere Material so mit dem Untergrund vermischt haben, dass die Strahlen verschwinden.

Aber was ist mit Tycho? Obwohl er inmitten des Hochlands entstanden ist, sind seine Strahlen nur deshalb so hell, weil sie so jung sind – der Krater ist lediglich 109 Millionen Jahre alt.

Im Vergleich dazu sind jene des 810 Millionen Jahre alten Copernicus deswegen so auffällig, weil sie Material aus dem Hochlandgestein unterhalb der Einschlagstelle enthalten. Leider kann man einem Kraterstrahl nicht so einfach ansehen, ob er hell ist, weil er viel Hochlandmaterial enthält – oder weil er einfach noch sehr jung ist. <<

Der Boden von Pitatus (84) ist mit Auswurfmaterial von Tycho, der sich 400 Kilometer weiter südöstlich befindet, gesprenkelt.

Charles A. Wood ist seit Jahren mondsüchtig.

ASTRONOMIE HEUTE

PRÄMIERTES WISSEN

Gewinnen Sie einen neuen Leser für ein Jahresabonnement von ASTRONOMIE HEUTE – und sichern Sie sich eine attraktive Dankesprämie nach Ihrer Wahl!

512 MB USB 2.0 Stick

Universalgutschein BestChoice über 30 €, einlösbar bei bis zu 100 Anbietern. Umtausch gegen Bargeld ist ausgeschlossen.

Himmelsset für den Hobbyastronomen mit Sternkartenbuch, Sternführer, drehbarer Sternkarte und Rotlicht-Taschenlampe

Jahresabo spektrum**direkt.** Die tägliche Wissenschaftszeitung im Internet mit über 12 000 Archivartikeln und vielen Links

Bestellen können Sie über den Beihefter, unter der Verlagsadresse, per Telefon: 06221 9126-743, per Fax: 06221 9126-751 oder unter: **www.astronomie-heute.de/abo**

ESA

Endstation Mond Seit 2003 ist die Sonde Smart-1 im All. Ursprünglich sollte sie im August 2006 auf unserem Trabanten zerschellen.

Furioses Finale

Schon im August sollte die europäische Raumsonde Smart-1 auf dem Mond einschlagen – wann findet der Crash statt?

>> Gerhard Schwehm und Octavio Camino-Ramos

Nur selten besteht die Möglichkeit, die Entstehung eines Mondkraters mitzuerleben. Anfang September können Sie mit etwas Glück einen geplanten Einschlag beobachten, wenn die europäische Weltraumsonde Smart-1 – etwa 300 Kilogramm schwer und auf Kollisionskurs mit dem Erdtrabanten – zumindest einen kleinen Krater reißt. Durch ein leistungsfähiges Teleskop erhaschen Sie vielleicht einen Blick auf das Ereignis.

Die Raumsonde ist die erste in einer Reihe von speziellen Missionen der europäischen Weltraumorganisation Esa. Unter dem Namen »Small Missions for Advanced Research in Technology« (Smart) sollen sie bei niedrigen Kosten neue Satellitentechnologien erproben. Quasi als Nebenprodukt können Forscher dabei auch wissenschaftliche Instrumente testen und Beobachtungen durchführen.

Testflug zum Mond

Hauptmerkmal ist ein neuer solarelektrischer Antrieb, der mit Hilfe von Solarzellen Sonnenlicht in elektrische Energie umwandelt und damit ein kleines Ionentriebwerk unterhält. Dieser Antrieb soll auch bei »BepiColombo« eingesetzt werden, einer für 2013 geplanten Mission zum Merkur.

Smart-1 startete am 27. September 2003 auf der Spitze einer Ariane-5-Rakete. Mehr als 14 Monate lang »schraubte« sich die Raumsonde auf einer sehr ausgedehnten Spiralbahn langsam in Richtung Mond, bis sie am 15. November 2004 von seinem Schwerefeld eingefangen wurde (AH 12/2004, S. 13). Ihre Hauptaufgabe – der Test des Antriebs und weiterer Technologien – war damit erfüllt. Anschließend begann als Bonusprogramm die wissenschaftliche Mission. Sie sollte ursprünglich ein halbes Jahr dauern, wurde aber schon bald bis August 2006 verlängert.

Der Flug diente auch dazu, neue, miniaturisierte Instrumente für zukünftige Planetenmissionen zu testen. Dabei konnten die Forscher sehr viel mehr Beobachtungen durchführen als geplant. Die

ESO

Die Einschlagregion liegt zwischen Mare Humorum und dem Krater Schickard (Kreis).

Auswertung der Daten wird noch dauern, da die Instrumente erst in der Umlaufbahn um den Mond endgültig kalibriert werden konnten.

Nach Ende ihrer Mission soll Smart-1 nicht als Weltraumschrott durchs All treiben, sondern als künstlicher Meteorit auf dem Mond aufschlagen. Ohne zusätzliche Manöver würde sie bereits am 17. August auf seiner Rückseite zerschellen, sodass das Ereignis von der Erde aus nicht zu sehen wäre. Aus diesem Grund feuern ihre Lageregelungsdüsen ab dem 26. Juni mehrere Tage lang. Dadurch verschiebt sich ihr Aufprall auf den 3. September und verlagert sich in ein Gebiet nahe der Licht-Schatten-Grenze, dem so genannten Terminator. Diese Region ist von der Erde aus gut einzusehen.

Harte Landung

Der Zeitpunkt des Aufschlags lässt sich nicht genau vorhersagen. Höchstwahrscheinlich trifft Smart-1 um 4.15 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit dort auf, allerdings könnte das auch fünf Stunden früher oder später erfolgen. So lange benötigt sie nämlich, um den Mond einmal zu umkreisen. Da die Mondoberfläche nicht präzise genug erforscht ist, wissen die Forscher nicht genau, wann die Sonde auf ihrem Sinkflug auf einen Kraterrand oder eine kleine Erhebung trifft. Der mondnächste Punkt der Bahn liegt bei den letzten Umrundungen sehr nahe bei der Oberfläche. Daher lohnt es sich, die Region länger zu beobachten.

ECKHARD SLAWIK

Einfach zu finden ist das Mare Humorum, wenn Sie sich an dem Krater Tycho mit seinen hellen Strahlen orientieren.

Smart-1 wird mit etwa zwei Kilometer pro Sekunde über die Oberfläche schrammen – rund 7200 Kilometer pro Stunde. Der Einschlag erfolgt voraussichtlich bei 34 Grad Süd und 44,1 Grad West, in der Nähe des Mare Humorum (Meer der Feuchtigkeit oder Meer der Heiterkeit). Allerdings dürfte er eher unspektakulär verlaufen: Bei dem Absturz wird weniger Energie frei als bei dem Aufprall eines typischen, ein Kilogramm schweren Meteoriten auf die Erde.

Experten haben das Ereignis schon modelliert und erwarten einen Krater von fünf bis zehn Meter Durchmesser. Auch mit einem großen Teleskop wird man ihn nicht erkennen können. Interessanter ist der auftretende Lichtblitz, der allerdings von der Erde aus gesehen nur 16. bis 17. Größe erreicht und in erster Linie unsichtbare Infrarotstrahlung freisetzt. Der Resttreibstoff der Sonde könnte jedoch eine Explosion bewirken und dadurch die Gesamthelligkeit deutlich steigern. Zudem wirbelt der Aufprall Staubwolken auf, die das Sonnenlicht reflektieren und dadurch ebenfalls in Erscheinung treten.

Die Esa möchte eine Reihe von Beobachtungen durchführen, um das Ereignis in allen Einzelheiten zu dokumentieren. Doch der Erfolg ist ungewiss. Schon 1993, als die japanische Sonde Hiten auf dem Mond aufschlug, gab es bei der Beobachtung etliche technische Schwierigkeiten. Trotzdem sollten Sie versuchen, dieses Ereignis zu verfolgen – den Aufprall eines 300 Kilogramm schweren Meteoriten kann man nicht alle Tage erleben. Die Esa-Bodenstation wird bis zum vorletzten Umlauf Messdaten empfangen, danach bleibt nur noch das Trägersignal der Sonde, um ihr Ende zu dokumentieren. <<

Gerhard Schwehm ist Leiter der Planetaren Missionen der Esa, **Octavio Camino-Ramos** Flugleiter von Smart-1.

Der Himmel verhangen, die Wolkendecke dicht? Kein Problem mit dem neuen Fernrohrsystem aus Saarbrücken. Wenn der Durchblick fehlt, spielt das Gerät einfach eine Projektion ein.

ANDREI LINTU, MPII

Dem Wetter trotzen

In Saarbrücken haben Informatiker ein neues Teleskop entwickelt. Es zeigt den Himmel auch dann, wenn die Sicht gleich null ist – dank elektronischer Projektion. **>> Stephanie Hügler**

Der Blick vom hohen Flachdach des Saarbrücker Max-Planck-Instituts für Informatik ist einfach überwältigend. Sanfte Hügel umgeben den Campus der Universität, die Bäume stehen in frischem Grün, vom Himmel strahlt die Sonne, es ist ein wunderschöner Tag. Wer hätte das noch wenige Stunden vorher gedacht, als wir uns in Heidelberg bei grauem wolkenverhangenem Himmel für die Fahrt nach Saarbrücken vorbereiteten. Jetzt stehen wir vor der neuen Sternwartenkuppel, die der Physiker Marcus Magnor, sein Doktorand Andrei Lintu und der Diplomand Christian Weber für ihre Forschungsarbeit als Spende erhielten.

Durch die Tür sehen wir bereits das beeindruckende Zehn-Zoll-Schmidt-Cassegrain-Teleskop, das hier erst vor einiger Zeit sein neues Zuhause gefunden hat. In einigen Stunden werden wir mit diesem Instrument in den Sternenhimmel blicken.

Wolken wären kein Hindernis

Wir haben Glück: Der Himmel bleibt bis zum Abend klar. Nicht immer ist der Wettergott Sternguckern so wohl gesinnt. Vermutlich jeder Amateurastronom kennt die Enttäuschung, wenn nach einem verheißungsvollen Sonnentag gegen Abend plötzlich dichte Wolken heraufziehen und die ersehnten Objekte hinter einem Dunstteppich verschwinden.

Natürlich freuen wir uns über die gute Sicht. Doch trotz der ursprünglich schlechten Wetteraussichten sind wir gelassen losgefahren. Selbst wenn es regnen sollte, so hatte Lintu uns am Telefon versprochen, würden wir durch das Teleskop etwas zu sehen bekommen. Wie kann das gehen?

Die Antwort liegt in der Forschungsarbeit der Informatiker. Denn das Teleskop auf dem Dach des Instituts ist kein gewöhnliches. Es ist ausgestattet mit Mitteln der so genannten erweiterten Realität. An die Stelle des Zenitspiegels haben Lintu und seine Kollegen ein Gerät gesetzt, das – mit einem Computer verbunden – wie ein Bildprojektor funktioniert. Per Knopfdruck projizieren die Forscher

Astrofotografien ins Innere des Teleskops, die das Okularbild überlagern. Es sind Bilder von Hubble, aber auch von bekannten Astrofotografen. Die Palette der erfassten Himmelsobjekte enthält mehr als 120 000 Sterne des Hipparcos-Katalogs, 611 Deep-Sky-Objekte – darunter die Whirlpool-Galaxie oder den Ringnebel in der Leier – sowie die Planeten unseres Sonnensystems außer der Erde.

Beim Blick durchs Teleskop sieht der Betrachter wahlweise das echte Objekt neben dem projizierten, die beiden überlagert oder er kann die Bilder einzeln an- und ausschalten. »Mit Hilfe unserer Goto-Montierung«, erklärt Lintu uns wenige Minuten später in der Kuppel, »steuert der Beobachter das gesuchte Objekt an, etwa M 31, die Andromeda-Galaxie. Habe ich die Galaxie ins Visier genommen, wird ihr Licht wie bei jedem anderen Teleskop im Brennpunkt gebündelt. Anschließend trifft es auf einen halbdurchlässigen Spiegel – einen so genannten Strahlteiler –, der es ins Okular reflektiert.« Auf der anderen Seite des Strahlteilers, erläutert Lintu weiter, befindet sich der Projektor; sein Licht tritt durch den Strahlteiler hindurch und gelangt ebenfalls ins Okular. Ins Auge des Beobachters fällt am Ende eine Mischung aus neunzig Prozent Stern- und zehn Prozent Projektorlicht.

Beim Betrachten der Andromeda-Galaxie, erklärt Lintu, spielt der Bildprojektor ein korrekt ausgerichtetes und deckungsgleiches Hubble-Foto von ihr ein, das auf die jeweils benutzte Vergrößerung angepasst wird. Wir probieren es aus. Auch wenn wir bei strahlendem Sonnenschein nicht wirklich beobachten können – durch das Okular sehen wir M 31 in ihrer ganzen Pracht.

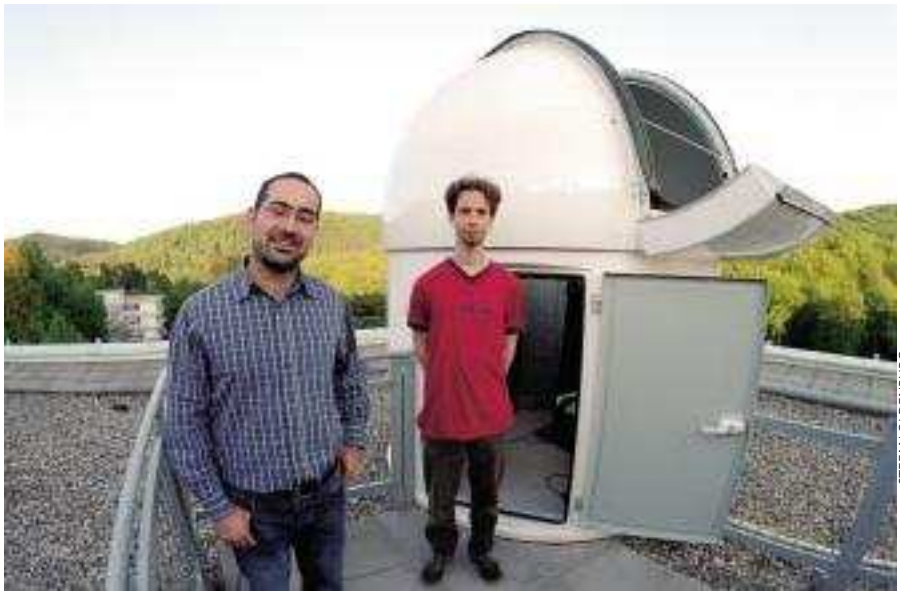
»Viele Einsteiger sind enttäuscht, wenn sie zum ersten Mal durch ein Fernrohr blicken; sie kennen die bunten Bilder von Hubble und von den berühmten Großteleskopen wie dem VLT in Chile, und dann sehen sie plötzlich statt einer Whirlpool-Galaxie mit vielen Armen und bunten Lichtpunkten nur einen schwach leuchtenden milchigen Fleck am Himmel«, sagt Lintu. Die meisten Deep-Sky-Objekte seien bei hellem, lichtverschmutztem Himmel oder mit kleiner Teleskopöffnung nur schwer zu finden, sodass die ursrpüngliche Begeisterung frisch gebackener Amateurastronomen manchmal schnell wieder verfliege.

Gesagt und getan

Da kam die Idee seines Doktorvaters Marcus Magnor gerade recht, ein Teleskop mit Elementen der erweiterten Realität zu entwickeln. Magnor hatte diesen Einfall schon im Dezember 2004, nach dem Besuch einer Konferenz zum Thema virtuelle Realität. Doch der Weg bis zum fertigen Modell in der neuen Kuppel war lang und steinig. »Im Januar 2005 haben wir das Teleskop gekauft, anschließend beauftragten wir eine Firma mit dem Bau des Projektors.« Den Apparat an die Erfordernisse des Instruments und an die verwendete Software anzupassen, war nicht ganz einfach. Die drei aus der Projektgruppe tauschten sich über mehrere Monate hinweg intensiv mit dem Hersteller aus, besprachen Änderungswünsche und technische Einzelheiten, bis der Prototyp im August 2005 fertig war.

Unterdessen erhielt Magnor einen Ruf an die Technische Universität Braunschweig. Lintu und Weber setzten die Arbeit in Saarbrücken jedoch unter der Leitung des Computergrafikers Hans-Peter Seidel fort. Im September des letzten Jahres stellte Lintu das System auf einem Arbeitstreffen in Aachen erstmals vor, parallel dazu begannen die Bauarbeiten auf dem Dach des Instituts. »Wir mussten alles von Hand nach oben >

ANDREI LINTU, MPII



STEFAN OLDENBURG

Als majestätische Spirale präsentiert sich die Whirlpool-Galaxie in Hochglanz-Bildbänden (oben). Durchs Amateurteleskop gesehen fällt sie allerdings weit unspektakulärer aus. Andrei Lintu und Christian Weber (links und rechts) entwickelten eine Teleskoptechnik mit, die neben den Himmelsobjekten auch ihre Astrofotos zeigt.

STEFAN OLDENBURG

Dreh- und Angelpunkt der neuen Fernrohrtechnik ist ein Strahlteiler (a). Er lenkt sowohl das vom Teleskop (b) eingefangene Licht als auch das vom Projektor (c) ins Okular (d).

> schleppen – das Teleskop, den Projektor, den Tisch und die Stühle«, erinnert sich Lintu und weist entschuldigend auf den nackten Betonboden in der Kuppel.

Auch die Programmierung kostete Zeit. Zwar bot die Software »Stellarium« bereits viele Möglichkeiten – etwa die Position des Betrachters, Datum und Zeit genau zu bestimmen, Objekte anzusteuern und hineinzuzoomen. Doch es fehlten Bilder vieler Deep-Sky-Objekte und Informationen über sie, die Verbindung zwischen Computer und Teleskop musste eingerichtet und das Programm für die Nutzung am Fernrohr etwas vereinfacht werden.

Nützliches Beiwerk

Machen sich die beiden denn keine Sorgen, dass sie mit ihrem neuen Projekt in der Fachwelt auf Misstrauen stoßen? Wer durchs Teleskop blickt, will doch das Original sehen und nicht irgendein Trugbild! »Wir möchten das traditionelle Beobachten durch unser neues System nicht ersetzen«, sagt Lintu. »Es ist eher als visuelle und pädagogische Hilfestellung für den Anfänger gedacht.« Gerade Einsteiger, argumentieren die beiden Informatiker, profitieren von einer weiteren Eigenschaft des neuen Systems – der Möglichkeit, neben Astrofotos auch Informationen einzublenden, etwa den Namen des betrachteten Objekts, seine Position oder seine Helligkeit. Von Hubble stammen auch einige Animationen und Videofilme, die sich der Laie vorspielen lassen kann, während er das Objekt durch das Teleskop betrachtet.

Mittlerweile ist die Sonne untergegangen, ein paar kleine Wolken sind heraufgezogen (eine setzt sich vorwitzig genau vor dem Jupiter fest), ziehen aber bald wieder von dannen. Jetzt wollen wir die Apparatur mal in Aktion erleben. Gespannt nehmen wir Saturn ins Visier. Der Ringplanet zeigt sich mit seinen größten Monden durchs Okular in voller Pracht, und der Projektor spielt neben dem funkelnden Lichtfleck ein Astrofoto des Gasriesen ein, wie es der Leser astronomischer Zeitschriften kennt – eine braun gestreifte Kugel mit klar strukturierten Ringen.

Lintu richtet das Teleskop auf Jupiter und späht aufmerksam durchs Okular. Spontan bricht er in Begeisterungsrufe aus: Ganz klar und leuchtend zeichnet sich der Planet am Himmel ab, umgeben von seinen Monden Io, Europa, Ganymed und Kallisto. Anhand der dazu eingespielten Projektion mit Bezeichnung der Objekte sehen wir auch, welcher Mond gerade wo steht – so hat Lintu Jupiter noch nie vor Augen gehabt.

Anschließend suchen wir nach dem Ringnebel in der Leier. Doch für Deep-Sky-Objekte ist es heute, so kurz vor Vollmond, einfach zu hell. Macht nichts, mit Hilfe der Go-to-Montierung richtet sich das Rohr auf die entsprechende Stelle am Himmel und wir freuen uns über das vom Projektor gezeigte Hubble-Bild mit eingeblendeten Zusatzinformationen.

Die neue Erfindung habe, so frage ich, doch sicher schon viel Interesse geweckt. Haben nicht schon etliche Leute die Kuppel besucht und das Teleskop getestet? »Eher nicht«, sagt Lintu. Die Menschen, die bisher die Sternwarte von innen gesehen hätten, ließen sich an einer Hand abzählen. »Manchmal sieht jemand von unten, dass hier oben etwas los ist, und fragt, ob er heraufkommen könne – aber wir hatten während unserer laufenden Forschungsprojekte nicht viel Zeit.«

Dennoch sind die beiden gespannt, was künftige Besucher wohl denken werden: »Es ist immer gut, andere Meinungen einzuholen, auch um die Bedienbarkeit des Geräts einschätzen zu können.« Öffentliches Aufsehen haben sie immerhin schon erregt: Das populärwissenschaftliche Magazin »New Scientist« hat ihrer neuen Erfindung einen Artikel gewidmet. Auch die Saarbrücker Lokalpresse hat darüber berichtet.

Ungewisse Zukunft

Was passiert nun mit der neuen Erfindung – wollen die drei das Gerät in Serie produzieren? Vielleicht Führungen auf ihrem Dach veranstalten, Schulklassen und Studenten einladen? Oder ihre Idee an Volkssternwarten verkaufen? »Wir machen hier nur Forschung«, erläutern Lintu und Weber. »Auf unsere Erfindung ist zwar ein Patent angemeldet, aber das gehört der Max-Planck-Gesellschaft.«

Das Interesse der Industrie hält sich bislang in Grenzen, wie der Produzent des Projektors, Alfred Jacobsen von der Firma Opsysconsult, mitteilt. Ohne feste Zusage, dass produzierte Geräte auch abgenommen würden, ließe sich kein Hersteller auf eine Serienproduktion ein, so Jacobsen. Doch wer weiß – vielleicht steigt die Nachfrage noch; im Zeitalter des Cyberspace scheint das Konzept der erweiterten Realität nicht unbedingt fehl am Platz. Die Zukunft wird es zeigen. <<

Stephanie Hügler arbeitet als freie Wissenschaftsjournalistin in Heidelberg.

ALLE BILDER DES ARTIKELS: SAMMLUNG ANDREAS SCHOLL

Die Stars des Jahres 1926

Sechs Planetarien standen vor genau 80 Jahren am Anfang eines regelrechten Booms künstlicher Sternhimmel. Nur eines davon existiert heute noch.

>> Andreas Scholl

Vor acht Jahrzehnten erlangte das Projektionsplanetarium von Zeiss als »Wunder aus Jena« Berühmtheit. Es begeisterte die Menschen in Jena und wurde ebenso in Leipzig, Dresden und Berlin sowie in den Städten Düsseldorf und Barmen zum Publikumsmagneten.

Der künstliche Sternhimmel erstrahlte erstmals im Sommer 1923. Zunächst entstand auf dem Dach der Zeiss-Werke in Jena eine einfache Kuppel mit einem Durchmesser von 16 Metern, in der in den folgenden drei Jahren Präsentationen mit den ersten beiden Prototypen stattfanden. Die Bezeichnung »Zeiss-Modell I« erhielten die beiden Geräte erst im Nachhinein (siehe AH 10/2004, S. 28).

Das erste Modell I stand ab Frühjahr 1925 im Deutschen Museum in München und ging als erster Planetariumsprojektor der Welt in die Geschichte ein. Ein weiteres Gerät ist später in Vergessenheit geraten, das, von ein paar Änderungen abgesehen, baugleich war. Dieses zweite Modell I, das als Vorführgerät in der Jenaer Werkskuppel diente, sollte 1926 noch eine bedeutende Rolle spielen.

Der künstliche Himmel

Bereits während der Fertigstellung der ersten beiden Prototypen begann Zeiss mit der Planung eines verbesserten und völlig neu konstruierten Projektors, dem Zeiss-Modell II. Er hatte die für viele Jahrzehnte typische Hantelform und bildete die Grundlage für die folgenden Generationen von Planetarien.

Selbstverständlich sollte auch die Stadt Jena ein repräsentatives Sterntheater ihr Eigen nennen. Daher beschloss man bei Carl Zeiss, ein neues Planetarium zu errichten, und beauftragte die renommierte Baufirma Dyckerhoff & Widmann sowie die Architekten Johannes Schreiter und Hans Schlag. Für die Kuppel wählte man eine patentierte Bauweise mit einer Stahlbetonkonstruktion aus fast achttausend Eisenstäben verschiedener Länge.

Zur Eröffnung am 18. Juli 1926 erschienen zahlreiche Ehrengäste. Walther Bauerfeld, der heute als Erfinder des Pla-

In enger Nachbarschaft wurden im Mai 1926 die Planetarien in Düsseldorf (links) und Barmen (Mitte) eingeweiht. In Jena (rechts) eröffnete am 18. Juli 1926 ein öffentliches Planetarium, nachdem bereits seit drei Jahren ein Vorführgerät auf dem Dach der Zeiss-Werke in Betrieb war.

netariums gilt, demonstrierte dem staunenden Publikum ausführlich die Fähigkeiten des Zeiss-Modells II.

Während an der Saale die Feierlichkeiten anlässlich der Einweihung stattfanden, strahlten künstliche Sternhimmel bereits an Rhein und Wupper: in Düsseldorf, wo die Messe GeSoLei (»Gesundheit, Soziales und Leibesübungen«) schon seit einigen Wochen viele Besucher anlockte, und in Barmen, das damals noch eigenständig war und erst später Teil der neu gegründeten Stadt Wuppertal wurde.

Wettlauf im Westen

Bereits im Sommer 1924 machten sich unter anderem Delegationen aus Barmen und Düsseldorf auf den Weg nach Jena, um dort das Werksplanetarium in Augenschein zu nehmen. Sie gehörten zu den Ersten, die bereits Ende 1924 ihr Zeiss-Modell II bestellten – ohne diesen neuen Projektortyp überhaupt gesehen zu haben. Da die beiden Städte nur etwa dreißig Kilometer voneinander entfernt liegen, war das Konkurrenzdenken groß.

Die Monate zogen ins Land und die Ingenieure bei Zeiss mussten immer neue Probleme bei Entwicklung und Fertigung der zweiten Modellreihe lösen. Im Sommer 1925 zeichneten sich Schwierigkeiten mit der Einhaltung der Liefertermine ab. Zeiss hatte sich vertraglich verpflichtet, die Lieferung in der Reihenfolge des Bestelleingangs zu bearbeiten. Der Düsseldorfer Oberbürgermeister erkundigte sich daraufhin bei anderen Städten, die früher bestellt hatten, ob sie bereit wären, zu Gunsten der Rheinländer eine längere Lieferzeit für ihr Planetarium zu akzeptieren. Seine Bemühungen blieben jedoch erfolglos.

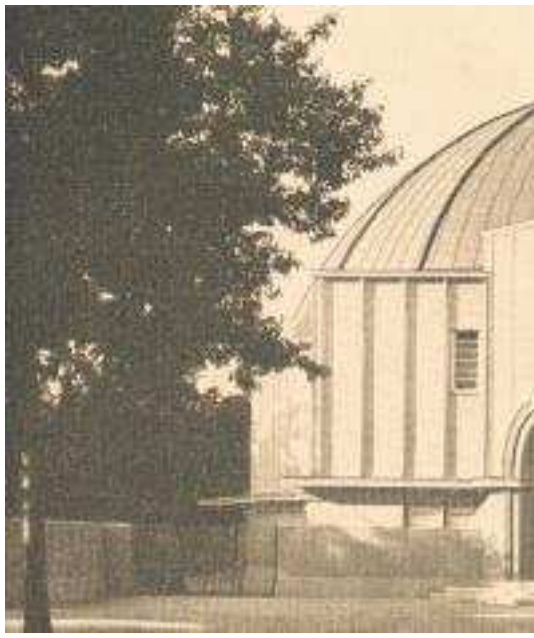
Im Frühjahr 1926 wurden die Düsseldorfer zunehmend nervös. Die Eröffnung der GeSoLei, bei der auch das Planetarium ein wichtiger Bestandteil sasein sollte, rückte immer näher. Zeiss konnte immer noch keinen definitiven Liefertermin nennen. Außerdem gab es noch eine vertragliche Zusicherung an die Stadt Barmen, dass zwischen der Lieferung der Geräte nach Barmen und Düsseldorf ein gewisser Zeitraum zu liegen habe – ein Zusatz, von dem die Düsseldorfer erst nach Vertragsabschluss erfuhren.

An dieser Stelle kam nun das Vorführgerät der Zeiss-Werke ins Spiel. Damit Düsseldorf nicht ganz ohne Planetarium dastand, schlug man vor, das Modell I für einen größeren Kuppeldurchmesser umzurüsten und leihweise zur Verfügung zu stellen. Die Stadt Barmen gab nach längeren Verhandlungen ihre Zustimmung, verstand es aber auch, aus der Situation Kapital zu schlagen. In ihrer Not verpflichteten sich die GeSoLei-Organisatoren in einer am 9. April 1926 unterzeichneten Vereinbarung, dreißig Prozent der Bruttoeinnahmen aus den Eintrittsgeldern des Planetariums an die Stadt Barmen abzugeben.

Geheimrat Schlossmann war in Düsseldorf für die Abwicklung des Projekts verantwortlich, das ihm einige schlaflose Nächte beschert hatte. Wie sehr die Vorkommnisse an seinen Nerven zerrten, zeigt eine Mitteilung an Baubürgermeister Geusen, in der er über das Gerät schrieb: »Wir müssen verlangen, dass es spätestens am 15. April zum Versand kommt, denn sonst kommen uns die Leute mit ihrem verfluchten Planetarium in unsere Eröffnungsfeier herein.«

In letzter Minute

Tatsächlich verließ der Ersatzprojektor Jena dann am 16. April 1926 und erreichte Düsseldorf rechtzeitig vor der GeSoLei-Eröffnung. Die Einweihung der Rheinhalle, so hieß das Planetariumsgebäude, fand bereits am 5. Mai statt, die offizielle Inbetriebnahme des Planetariums konnte jedoch erst am 23. Mai erfolgen. >



Das Leipziger Planetarium (links) sollte 1926 eigentlich zuerst eröffnet werden, Barmen kam den Leipzigern jedoch zwei Tage zuvor. Das Dresdener (Mitte) konnten im Sommer Einweihung feiern, im November folgte endlich auch das Sterntheater in der Hauptstadt Berlin (rechts).

> Der Grund hierfür findet sich ebenfalls in der Vereinbarung vom 9. April: In ihr wurde nämlich auch festgelegt, dass Düsseldorf frühestens eine Woche nach Barmen mit Vorführungen starten dürfe. Das dortige Sterntheater begrüßte am 18. Mai seine ersten Besucher.

Zuvor fanden in der direkt am Rheinufer gelegenen Rheinhalle schon zahlreiche Konzerte statt. Die mit einem Durchmesser von dreißig Metern selbst für heutige Verhältnisse riesige Projektionskuppel konnte um vier Meter angehoben werden. So entstand ein Konzertsaal für bis zu tausend Personen.

Das erste Großplanetarium der Welt

Die Kleinstadt Barmen schmückte sich mit dem Titel »erstes Großplanetarium der Welt«. Dieses befand sich direkt gegenüber der Stadthalle. Eine große Freitreppe führte zu dem Kuppelsaal, in dem sechshundert Personen Platz fanden.

Zunächst stieß das Planetarium bei der Bevölkerung auf wenig Gegenliebe, was in erster Linie mit den enormen Kosten zu tun hatte, die die Stadtkasse stark belasteten. Als jedoch die Finanzierung gesichert war – vor allem dank der nicht unerheblichen Zahlungen aus Düsseldorf –, arrangierten sich die Menschen mit dem Bauwerk.

Inzwischen freuten sich auch die Leipziger über einen künstlichen Sternhimmel. Das dortige Planetarium war dem Zoologischen Garten angegliedert. Am 20. Mai 1926 wurde in Sachsen die Eröffnung gefeiert, doch die Stimmung war getrübt.

Leipzig hatte sich ursprünglich von Zeiss vertraglich zusichern lassen, als zweite Stadt nach München ein Planetarium zu erhalten. Zuerst konnte Zeiss den bestellten Projektor nicht liefern. Vermutlich hatte man sich deshalb mit dem Bau auch nicht besonders beeilt und war umso überraschter, als Zeiss dann doch liefern konnte. Das Gebäude war aber noch nicht ganz fertig gestellt. Weil Zeiss die Geräte aber ausliefern musste, erhielten die Barmer, vor allem mit Blick auf die Düsseldorfer, ihren Projektor zuerst. All diese Zusammenhänge waren damals sicher nicht öffentlich bekannt und konnten erst in den letzten Jahren durch umfangreiche Recherchen in den Stadtarchiven von Leipzig, Düsseldorf und Wuppertal zu Tage gefördert werden.

Bereits zwei Monate später hatte Sachsen sein zweites Planetarium. Es stand direkt am Botanischen Garten in Dresden. Dort, wo sich heute in der Stübelallee die Gläserne Manufaktur von Volkswagen befindet, öffnete am 24. Juli 1926 das Planetarium seine Pforten. Auch hier kam ein Projektor des Typs Zeiss-Modell II in einer 25-Meter-Kuppel zum Einsatz.

In Berlin befasste sich der Magistrat ebenfalls mit dem Thema und beschloss, dass auch die deutsche Hauptstadt eine solche Einrichtung bräuchte. Bis ein geeigneter Platz gefunden war, verging aber einige Zeit. Daher konnte der erste Spatenstich erst im Mai und die Eröffnung erst am 17. November 1926 erfolgen.

Das Berliner Planetarium lag an einer sehr belebten Stelle, nämlich an der Nordwestecke des Zoologischen Gartens, in unmittelbarer Nähe zum Bahnhof Zoo. Daher konnten bereits im ersten Betriebsjahr 450 000 Gäste gezählt werden. Auch in den Folgejahren nahm Berlin stets einen Spitzenplatz bei den Besucherzahlen ein.

Ende 1926 waren in Deutschland sieben Planetarien in Betrieb. Anfangs wirkte der Reiz des Neuen, doch das Interesse der Besucher ließ auch auf Grund der zunehmend schlechten wirtschaftlichen Lage schon bald nach. Deutlich wird dies bei der Betrachtung der Besucherstatistik für den Dezember 1929. Während man in Berlin immerhin knapp 15 000 Gäste zählte, weist die Statistik für Düsseldorf lediglich 1680 Besucher auf, für Leipzig gar nur 331.

Auch in Dresden war die Lage nicht besser, weshalb man das Planetarium ab März 1930 ausschließlich für Filmvor-

stellungen und Konzertabende nutzte. Im gesamten Jahr 1935 kamen in Wuppertal-Barmen nur noch 650 Besucher zu den öffentlichen Vorführungen. Durch Veranstaltungen für Schulklassen erreichte man trotzdem 20 000 Gäste.

Der Zweite Weltkrieg brachte für fast alle Planetarien den Niedergang. In Berlin, Leipzig und Dresden wurden sie völlig zerstört. Der Bombenangriff auf Barmen am 30. Mai 1943 beschädigte das Planetarium zwar nur leicht, doch ein Riss in der Betonkuppel wurde nicht repariert und das Gebäude selbst nur unzureichend gesichert. Eindringender Regen vergrößerte die Schäden immer mehr und Plünderer stahlen die gesamte technische Einrichtung, einschließlich des Zeiss-Projektors. Die Ruine wurde im Jahr 1955 endgültig abgerissen. Heute steht an ihrer Stelle ein Gedenkstein in den Barmer Anlagen.

Bombenangriffe beschädigten auch die Rheinhalle in Düsseldorf schwer. In den Nachkriegsjahren war zunächst geplant, das Gebäude abzutragen. Die Kuppel wurde trotzdem provisorisch in Stand gesetzt, war allerdings deutlich niedriger als zuvor. Schon ab 1948 fanden wieder erste Konzerte statt. Vom Zeiss-Modell II, das in Düsseldorf seit gut zwanzig Jahren im Einsatz gewesen war, fehlte aber jede Spur. Die Zeit der Rheinhalle als Planetarium war vorbei.

Bei einer Komplettrestaurierung des Gebäudes, das heute den Namen Tonhalle trägt, in den 1970er Jahren erhielt die Außenkuppel ihre ursprüngliche Höhe zurück. Nach einer weiteren Renovierung im Jahr 2005 zählt die Tonhalle heute zu den akustisch besten Konzertsälen der Welt.

Die Besucherstatistik des Jenaer Planetariums vermerkt für die Monate April bis Juni 1945: »Wegen Feindalarm ausgefallen.« Wenige Wochen zuvor schlugen Bomben in das Gebäude ein, glücklicherweise konnte es aber repariert werden und überstand in der Folge die Kriegsjahre ohne größere Schäden.

Eine ununterbrochene Geschichte

Für die weitere Planetariumsentwicklung in Jena war das immens wichtig, vor allem die Tatsache, dass der Zeiss-Projektor noch voll funktionsfähig war. Er musste im Frühjahr 1947 komplett zerlegt werden, denn nur so hatte man die Möglichkeit, fehlende Konstruktionszeichnungen zu erstellen. Nach dem erneuten Zusammenbau wurde der Projektor bereits technisch modifiziert, und in den folgenden Jahren musste er häufig als Versuchsobjekt für neue Entwicklungen herhalten. Auch stellte Zeiss mehrfach andere Geräte im Planetarium auf, um sie vor der Auslieferung ausführlich testen zu können, zum Beispiel jene für Stalingrad (1950) oder Bagdad (1968). Anfang 1969 wurde das Zeiss-Modell II ausgebaut und durch einen neueren Gerätetyp ersetzt.

Die nächste größere Veränderung erfuhr das Planetarium 1984/1985, als es im Zuge einer umfangreichen Renovierung auch einen neuen Großprojektor mit dem Namen Cosmorama erhielt. Elf Jahre lang war er in Aktion, heute steht er nun als Ausstellungsobjekt in der Goethe-Galerie, einem Einkaufszentrum in Jenas Stadtmitte.

Seit Ende 1996 zeigt ein moderner Glasfaserprojektor, ein Zeiss-Modell VIII Universarium, ein umfangreiches Repertoire, das neben Sternvorführungen auch Kinderprogramme und Multimediashows umfasst. Selbst Feiern und andere Events sind unter der Kuppel möglich.

Das Planetarium gehört zur Ernst-Abbe-Stiftung, die die Förderung von Wissenschaft und Forschung zum Ziel hat, ebenso wie das Optische Museum mit vielen Exponaten und Dokumenten zur Entwicklung der Planetarien.

Ab Herbst dieses Jahres wird das Jenaer Planetarium als erstes in Europa mit einem Adlip-Projektor ausgestattet sein. Dabei handelt es sich um ein so genanntes Fulldome-System, das die gesamte Kuppel mit bewegten Bildern füllen kann und nahezu unbegrenzte Möglichkeiten bei der Darstellung von Animationen bietet.

Kein anderes Sterntheater ist so eng mit der Geschichte der Planetarien verbunden wie das in Jena. Es ist heute das dienstälteste der Welt – und blickt in eine spannende Zukunft. Wir gratulieren zum 80. Geburtstag! <<

Andreas Scholl ist Gründer von www.planetarium-online.de. Er erforscht die Entwicklung der ersten Planetarien und recherchiert dazu in Stadtarchiven in ganz Deutschland.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Das Ende der schwarzen Kugel

Die Vorstellung, dass die Welt von einer Fixsternkugel begrenzt sei, herrschte bis in die Neuzeit vor. **>> Rudolf Kippenhahn**

Gehen Sie einmal ins Planetarium und lassen Sie dort die Projektion des Nachthimmels über sich hinwegziehen. Achten Sie nur auf das, was Sie sehen; stöpseln Sie sich zur Sicherheit die Ohren zu, damit Sie nicht durch Reden wie »die Erde kreist um die Sonne« verwirrt werden. Noch besser wäre es, wenn Sie sich während eines Urlaubs die Zeit nehmen könnten, ein paar Stunden lang allein und ungestört den Sternhimmel zu betrachten – am besten an mehreren aufeinander folgenden Abenden. Sie bekämen dann über Wochen hinweg den gleichen Eindruck, wie ihn die Menschen vor Tausenden von Jahren hatten.

Schon die antiken Himmelsbeobachter sahen die Sterne im Osten über den Horizont treten und in weiten parallelen Bögen nach Westen wandern. Diese gehören zu Kreisen, die teils unter dem Horizont entlanglaufen. Nur im Norden verlaufen die Kreise ganz oberhalb des Horizonts; die Sterne dort gehen niemals unter.

Alle Gestirne, ob der helle Sirius oder ein unscheinbares Sternchen im Orion, vollenden ihre Kreisbahnen einmal in 23 Stunden, 56 Minuten und 4,0905 Sekunden. Da lag es nahe anzunehmen, die einzelnen Bahnen am Himmel seien nicht voneinander unabhängig, sondern lägen gemeinsam auf einer Kugelfläche, die sich fortwährend um den Beobachter dreht. Dazu passte auch der Eindruck, der Himmel würde sich wie eine Halbkugel, an der die Fixsterne befestigt sind, über den Beobachter wölben.

Eine sphärische Grenze

In dieser Vorstellung ist das sichtbare Weltall endlich, begrenzt durch die schwarze, mit leuchtenden Punkten besetzte Fixsternkugel. Dieses Modell vermied zudem ein nahe liegendes Problem: Wäre das Weltall unbegrenzt und stünden die Sterne in verschiedener Distanz, dann müssten sich die entfernteren schneller bewegen, um innerhalb eines Tages einmal ihre Kreisbahn zu durchlaufen. Wäre das Weltall unendlich groß, dann müssten die unendlich weit entfernten Sterne mit unendlicher hoher Geschwindigkeit um uns rasen. Die schwarze Kugelschale, deren Sterne alle gleich weit von uns entfernt sind, enthob die damaligen Astronomen dieser Denkschwierigkeit.

Als – bereits in der Antike – immer klarer wurde, dass die Erde eine Kugel ist, rundete sich das Bild im wahrsten Sinne des Wortes ab. Die Erde, glaubte man, schwebt im leeren Raum, umgeben von der schwarzen Fixsternkugel. Sonne, Mond und die fünf damals bekannten Planeten bewegen sich in dem Zwischenraum (siehe Illustration rechts). Nach wie vor rotiert die Fixsternkugel um eine sich nicht drehende Erde.

Einige griechische Denker wie Heracleides Ponticus (etwa 390–322 v. Chr.) aber glaubten, die Erde drehe sich und die Sterne stünden still. Dieses Modell war nicht mehr auf die Fixsternkugel angewiesen und machte somit die Annah-

Eine Kugelschale mit »angeklebten« Sternen wölbt sich um die Erde: Diese Auffassung widerlegten Astronomen erst vor wenigen hundert Jahren.

me überflüssig, alle Sterne wären gleich weit vom Erdmittelpunkt entfernt. Die Schlussfolgerung daraus lautete: Nicht nur eine Erde, die von einer sternbesetzten Kugel umschlossen ist, sondern auch ein unendliches, mit Sternen angefülltes Weltall könnte die beobachteten Erscheinungen erklären.

Diese Idee fand aber wenig Gehör, denn es gab gewichtige Argumente dagegen: Wir merken ja, so ein verbreiteter Einwand, dass die Erde, auf der die Menschen seit Generationen leben, fest und unbeweglich ist – und dass es die Sterne sind, die sich bewegen. Neben diesem gefühlsmäßigen Argument gab es auch ein astronomisches. Von einer rotierenden Erdkugel aus sehen wir einen Stern nicht immer in der gleichen Richtung. Unsere Bewegung müsste sich in einer scheinbaren Bewegung der Sterne gegeneinander äußern. Das wäre die so genannte tägliche Parallaxe (siehe AH 6/2005, S. 30). Diesen Effekt konnten die antiken Sternbeobachter aber nicht feststellen – die damals erreichbare Beobachtungsgenauigkeit genügte hierfür nicht.

Deshalb fand die Idee von der rotierenden Erde kaum Anhänger. Es blieb bei dem damals verbreiteten Weltbild: Die Erdkugel ruht, umkreist von Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn; weiter draußen wird die Welt von einer mit feurigen Sternen besetzten schwarzen Kugelschale abgeschlossen.

Diese Kugelschale markierte jedoch nicht das Ende des Weltalls, denn das griechische Universum war unbegrenzt. »Wenn ich an der Grenze des Weltalls stünde, also dort, wo die Fixsterne stehen«, verlautete es aus der Schule des Pythagoras, »könnte ich dann meine Hand in den äußeren Bereich ausstrecken?« Aristoteles betonte, dass eine Grenze immer etwas von etwas anderem abtrennt. Die Fixsternkugel, folgerte er, schließt nur die dem Menschen sichtbare Welt vom unendlichen Weltall ab. Der englische Historiker und Philosoph David J. Furley formulierte es kürzlich so: »Der Nachthimmel war nicht der Anfang eines unendlichen Universums, sondern eine Grenzfläche, jenseits derer das unendliche Universum begann.«

Damit ergab sich die Frage: Was ist dort draußen, wohin die Fixsternkugel uns den Blick versperrt? Die griechischen Begründer der Lehre von den Atomen, aus denen alle Materie besteht, rätselten darüber, ob es außerhalb der Fixsternkugel noch Atome gibt. Diese Frage blieb etwa 1800 Jahre lang unbeantwortet.

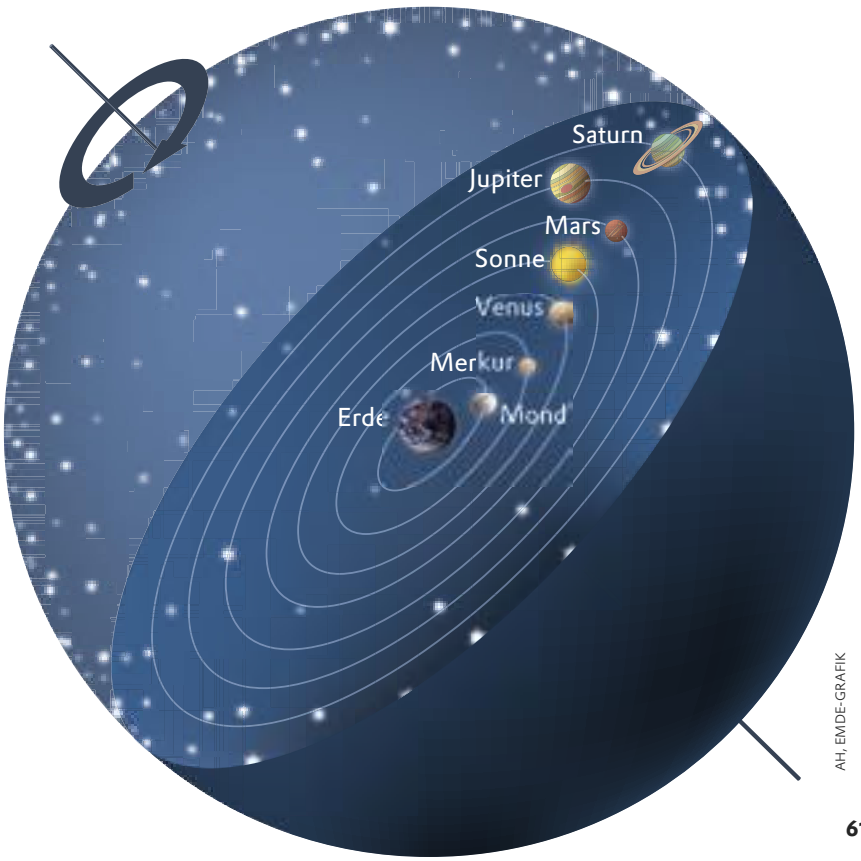
… und sie dreht sich doch

Im 16. Jahrhundert trat Nikolaus Kopernikus mit seinem neuen Weltbild auf den Plan, in dem die Erde mit den Planeten um die Sonne kreist und nur der Mond seine Bahn um die Erde zieht. Auch er glaubte an die Fixsternkugel und betonte, dass sie »sich selbst und alles andere umschließt und deshalb unbeweglich ist; denn sie ist sicherlich der Ort des Universums, an welchem die Bewegung und die Stellung aller übrigen Gestirne gemessen werden kann«. Bei Kopernikus dreht sich allerdings die Erde und nicht die Fixsternkugel. Es gab also keinen Grund mehr, die Sterne alle gleich weit vom Erdmittelpunkt anzusiedeln. Bei einer rotierenden Erdkugel durchlaufen auch die Sterne in großer Entfernung ihre himmlische Kreisbahn im gleichen Rhythmus wie die nahen. Damit sprach nichts mehr dagegen, dass das Weltall unendlich groß und mit Atomen angefüllt ist, wie wir sie von unserem Sonnensystem her kennen.

Die meisten Historiker bringen Kopernikus vor allem mit seiner Erkenntnis in Verbindung, dass die Erde sich um die Sonne bewegt und nicht umgekehrt. Mindestens ebenso wichtig ist aber die von ihm wieder eingebrachte alte Vorstellung, nicht die Fixsternkugel, sondern die Erde rotiere. Damit hat sein Weltmodell den Blick in einen unendlichen Raum eröffnet.

Als der Göttinger Physiker und Philosoph Georg Christoph Lichtenberg vor mehr als zweihundert Jahren an einer Kopernikus-Biografie arbeitete, schrieb er: »Denn so lange die Erde stille stand, stand alle wahre Astronomie stille und musste stille stehen; so wie aber der Mann erschien, der die Sonne stille stehen ließ, in dem Augenblick fing die Astronomie an fortzuschreiten.« <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.



AH, EMDE-GRAFIK

Das ptolemäische Weltbild galt für große Teile der Menschheit bis in die frühe Neuzeit. Im Zentrum steht die unbewegliche Erde, umkreist von Körpern des Sonnensystems; außen rotiert die Fixsternkugel.

Auf den Spuren von Messier

Fast ein Vierteljahrtausend nach der Zusammenstellung von Charles Messiers berühmter Liste entstand ein fotografischer Messier-Katalog in Posterform. **>> Martin Wagner**

Meine ersten Gehversuche in der Astrofotografie liegen bereits ein paar Jahre zurück. Ich kann mich daran erinnern, wie ich in meiner Kindheit einmal mit einem Siebzig-Millimeter-Objektiv den Mond fotografierte und dann richtig enttäuscht war, weil er auf dem Bild so klein erschien. Später gewann ich Schritt für Schritt an Erfahrung, zuerst mit einem Fünfhundert-Millimeter-Teleobjektiv für den Mond und bei Langzeitbelichtungen für Strichspuraufnahmen. Heute arbeite ich mit einem 25-Zentimeter-Newton und 1300 Millimeter Brennweite. Zu meiner Ausrüstung zählen zwei Canon-EOS-300D-Digital-Spiegelreflexkameras und eine Starlight-XPress-MX7C-CCD-Kamera für Deep-Sky-Fotografie sowie zwei Philips-ToU-740k-Webcams und ein Medion Mini-DV-Camcorder für Videoastronomie bei Mond und Planeten.

Vor etwa einem dreiviertel Jahr setzte ich mir das Ziel, alle Messier-Objekte zu fotografieren. Da ich bereits eine große Sammlung mit Astrofotos aus allen Bereichen habe, sollten die Einträge des Messier-Katalogs nicht fehlen. Später kam mir die Idee, sie zu einem Poster zusammenzustellen.

Von Messiers Standpunkt

Bei den 110 Objekten handelt es sich vorwiegend um offene Sternhaufen, Kugelsternhaufen, Nebel und Galaxien. Je nach Ausdehnung habe ich entweder die Starlight XPress für kompakte Ziele wie Kugelsternhaufen oder eine Canon für ausgedehnte Sternhaufen verwendet.

Es ist ein interessanter Zufall, dass mein Wohnort in Sonnenbühl-Genkingen auf der Schwäbischen Alb mit 48 Grad und 24 Bogenminuten Nord ziemlich genau auf dem gleichen Breitengrad liegt wie Paris, wo Messier beobachtete. Was die Lichtverschmutzung betrifft, so sind in meinem Ort von ein bis vier Uhr nachts alle Straßenlampen abgeschaltet – beste Bedingungen!

Nun könnte ein Anfänger meinen, man fängt bei M1 an und hört bei M110 auf. Dies kommt jedoch nur in Frage, wenn man jahrelang Zeit zum Beobachten hat. Die Liste ist nämlich nicht nach der Position am Himmel sortiert, sondern nach dem Datum der Entdeckung. Die besten Beobachtungsabende sind daher über das Jahr verteilt. Einige Amateurastronomen veranstalten auch einen Messier-Marathon. Dabei versuchen sie, alle Objekte in einer Nacht aufzusuchen, was nur im März und im April möglich ist. Dabei darf auch der Mond nicht stören.

Trotz meiner Erfahrung würde ich mir das ohne Go-to-Steuerung nicht zutrauen, da ich manchmal durchaus mehr als

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: MARTIN WAGNER

Gleich zweimal findet sich M101 (großes Bild) in Messiers Katalog, da er sie später versehentlich noch einmal als M102 aufnahm. Oft wird aber auch NGC 5866 als M102 bezeichnet. Die kleinen Bilder zeigen den Hantelnebel M27 (links), die Whirlpool-Galaxie M51 (Mitte) und den Crab-Nebel M1 (rechts).

eine halbe Stunde benötige, um ein bestimmtes Objekt zu finden. Für lichtschwache Ziele wie beispielswiese eine Galaxie im Virgo- oder Coma-Haufen benutze ich die Methode des Star-hoppings. Dabei suche ich mir einen markanten Stern heraus und hangele mich dann weiter. Bei einem Messier-Marathon bleiben aber für jedes der über hundert Ziele nur wenige Minuten Zeit.

Manche Objekte sind besonders einfach zu finden, dazu zählen die Plejaden (M45), der Orionnebel (M42) und die Andromeda-Galaxie (M31). Sie können sie schon nach wenigen Sekunden auch an einem helleren Himmel finden.

Ziele für jede Öffnung

Manchmal muss man dankbar sein, wenn man überhaupt etwas erkennt, wie bei dem blassen Eulennebel (M97) im Großen Bären. Ein Paradebeispiel ist auch die eigentlich recht helle Galaxie M83 im Sternbild Wasserschlange, die aber wegen ihrer Horizontnähe oft in Dunstschichten verschwimmt.

Auch die tief stehenden offenen Sternhaufen M6 und M7 im Skorpion sind nur schwer zu beobachten. Um diese beiden zu fotografieren, kam mir die Idee, meine Purus-Uhrwerknachführung mit einem 135-Millimeter-Objektiv zur totalen Sonnenfinsternis nach Libyen mitzunehmen. Doch dann befürchtete ich, dass die tickende Nachführung am Flughafen eventuell für eine Bombe gehalten werden könnte, und ließ sie zu Hause. Diese Entscheidung bereute ich nicht: Die Sternhaufen würden bei dieser geringen Brennweite auf den Bildern ohnehin nur äußerst klein abgebildet, und beim Objektivwechsel hätte Saharastaub auf den CCD-Chip meiner Digitalkamera kommen und künftige Fotos verunstalten können. Nach der Reise gelang es mir, die Bilder erfolgreich von zu Hause aus aufzunehmen, auch wenn ich das Teleskop dafür rund dreihundert Meter weit an einen günstigeren Standort transportieren musste.

Während einige Ziele wegen ihrer Horizontnähe schwer auszumachen und oft wegen der Luftunruhe verschwommen sind, stellen die Galaxien im Virgo- und >

Der Adlernebel wird manchmal als Star Queen Nebula bezeichnet. Die Königin auf ihrem Thron ist auch mit wenig Fantasie leicht zu erkennen.

> im Coma-Haufen den Beobachter vor ein anderes Problem: Wie finde ich in einem Haufen mit Dutzenden blassen Nebelfleckchen die richtige Galaxie?

Anfangs suchte ich mir ein Objekt heraus und versuchte es mit Hilfe des Internets zu identifizieren. Dann benutzte ich eine Sternkarte und stellte einen hellen Stern direkt neben M98 ein, was über Star-hopping von Denebola im Löwen aus relativ leicht geht. Anhand von mehr oder weniger hellen Sternen hangelte ich mich dann mit der CCD-Kamera am Teleskop und mit Blick auf die Karte zur gewünschten Galaxie. Es ist immer wieder ein gutes Gefühl, auch ohne Go-to-Technik erfolgreich zu beobachten!

Die schönsten Ziele

Ein paar Lieblingsobjekte habe ich schon: Da ist zuallererst der Orionnebel (M42), allein wegen seiner Form und Farbe. Er ist der eindrucksvollste Nebel im Messier-Katalog. Sehr schön finde ich auch Emissionsnebel wie den Lagunennebel (M8) und den Trifidnebel (M20) im Schützen sowie den Adlernebel (M16) in der Schlange und den Omeganebel (M17) im Schützen. M78 ist ein Reflexionsnebel im Orion, der nicht selbst leuchtet, sondern nur das Licht benachbarter Sterne streut.

Die hellen Planetarischen Nebel bieten einen völlig anderen, aber ebenfalls reizvollen Anblick. Der Ringnebel (M57) in der Leier und der Hantelnebel (M27) im Füchschen (siehe Bild S. 62) sind die bekanntesten Vertreter ihrer Art und am einfachsten zu beobachten. Der kleine Hantelnebel (M76) im Perseus und der sehr lichtschwache Eulennebel (M97) im Großen Bären sind etwas anspruchsvollere Ziele. Hervorzuheben ist auch der Crab- oder Krebsnebel (M1), der trotz seines Namens im Stier steht und nicht im Krebs. Er ist der einzige Supernova-Überrest in Messiers Liste.

Der helle Andromedanebel (M31) ist die ausgedehnteste Galaxie an unserem Himmel. Neben ihm gefallen mir wegen ihrer schönen Form auch der Whirlpool (M51) in den Jagdhunden und das Duo M81 und M82 sowie die Spiralgalaxie M101 im Großen Bären. Ebenfalls einen Blick wert sind die Sombrero-Galaxie (M104) in der Jungfrau, M33 im kleinen Sternbild Dreieck, die Sonnenblumen-Galaxie (M63) in den Jagdhunden und die Black-Eye-Galaxie (M64) im Haar der Berenike.

Die Kugelsternhaufen machen einem die Entscheidung schwer: Sie gleichen einander oft wie ein Ei dem anderen, und man muss manchmal schon Acht geben, um nicht zwei miteinander zu verwechseln. Allerdings gibt es Ausnahmen. M55 im Skorpion ist ein sehr ausgedehntes Objekt, das ich wegen seiner Horizontnähe leider nur verschwommen aufnehmen konnte. M71 im Pfeil könnte man auch für einen offenen Sternhaufen halten. M13 im Herkules und M3 in den Jagdhunden gehören zu den eindrucksvollsten Kugelsternhaufen.

Offene Sternhaufen hingegen sind in aller Regel recht leicht zu identifizieren. Hervorzuheben sind der Wildentenhaufen M11 im Schild, der stark einem Kugelsternhaufen ähnelt, M29 im Schwan, M103 in der Kassiopeia und M46 im Schiffskiel. Letzterer ist nicht wegen seines eher langweiligen Aussehens bemerkenswert, sondern weil er mit NGC2438 einen Planetarischen Nebel enthält.

Auch wenn alle Einträge des Messier-Katalogs einen Blick wert sind, ist diese Auswahl besonders für Einsteiger lohnend. Diese Objekte sind sehr hell und bieten einen wirklich beeindruckenden Anblick. <<

Martin Wagner bietet seine umfangreiche Bildersammung über seine Homepage www.martin-wagner.org in Form einer vielseitigen Foto-CD zu allen Bereichen der Astronomie an. Er stellte sie auch für das Messier-Poster zur Verfügung, das dieser Ausgabe beiliegt.

Ein ausgeprägtes Staubband ist charakteristisch für die Sombrero-Galaxie. Es liegt in der Ebene der Spiralarme.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEFAN SEIP

Doppelt hält besser

Das Angenehme an einem Fernglas ist, dass Sie mit beiden Augen hindurchschauen können. Ein Binokularansatz ermöglicht den gleichen Komfort auch am Teleskop. AH schickte zwei Binos auf die Teststrecke.

>> Stefan Seip

Es entspricht unserer Gewohnheit, die Welt mit zwei Augen wahrzunehmen. Am Fernrohr jedoch verzichten viele auf die Hälfte ihrer Sehkraft, kneifen ein Auge zu und schauen mit dem anderen durch das Okular. Abhilfe schafft hier ein Binokularansatz oder kurz »Bino«. Er wird anstelle des Okulars im Auszug des Fernrohrs montiert. In seinem Innern leitet ein Strahlteiler jeweils die Hälfte des Lichts in einen Okularstutzen. Am Ende dieser beiden Auszüge sitzt ein Paar gleicher Okulare.

Mit einem Bino kann man feinste Details sehr viel besser erkennen als mit einem Auge. Beim Mond habe ich beispielsweise stets das Gefühl, mit einem Raumschiff in geringer Höhe über ihn hinwegzufliegen, wenn ich das Teleskop mit angesetztem Bino über die zerklüfteten Kraterlandschaften schweifen lasse. Das wird nur noch vom Anblick des Saturns überboten, dessen Planetenkugel im Binokular scheinbar schwerelos im Zentrum seiner Ringe schwebt.

Halbes Licht

Von den Nachteilen eines Binos wiegt sein Verlust an Lichtstärke wohl am schwersten. Doch obwohl das Bild in jedem einzelnen Okular nur halb so hell ist wie ohne Bino, kompensiert die beidäugige Beobachtung einen Teil der Helligkeitsabnahme wieder. Bei den schwächsten Objekten, die Ihr Teleskop sonst gerade noch abbilden kann, sollten Sie das Bino also besser weglassen.

Früher waren Binokularansätze Luxusobjekte, heute bietet der Handel erstaunlich preiswerte Ausführungen an. Zwei von ihnen – den Binokularansatz der Firma Astrocom und das Maxbright-Binokular von Baader Planetarium – habe ich genauer unter die Lupe genommen.

Das mit 199 Euro sehr preiswerte Astrocom-Binokular liefert der Hersteller in einem schaumstoffgepolsterten Kunststoffköfferchen aus. Zum Lieferumfang gehören zwei Okularpaare (Plössl 25 und 10 Millimeter). Das Gerät besitzt fernrohrseitig eine 1¼-Zoll-Anschlusshülse samt Filtergewinde, sodass Sie trotz

doppeläugigen Beobachtens immer nur einen Filter benötigen. Das Baader-Maxbright-Bino ist durch einen kleinen Alukoffer geschützt, der allerdings wenig Platz für separates Zubehör bietet. Wahlweise ist dieser entweder nur mit Bino ohne jegliches Zubehör (215,– Euro) oder als Einführungsangebot samt Glaswegkorrektor sowie einer 1¼- beziehungsweise einer Zwei-Zoll-Anschlusshülse erhältlich (265,– Euro).

Als Zubehör zum Bino bietet Astrocom eine Barlowlinse an, die die Brennweite um den Faktor 1,6 verlängert und dafür sorgt, dass auch bei Fernrohren mit knapper Fokuslage der Schärfepunkt erreicht wird. Das Baader-Bino ist dagegen in das so genannte T2-System integriert. Damit steht Ihnen eine große Zahl sinnvoller Zubehörteile zur Verfügung: angefangen bei einem Zenitprisma mit sehr kurzem Lichtweg über einen Zwei-Zoll-Glaswegkorrektor mit integrierter Koma-Korrektur für Newton-Teleskope bis hin zu einem Amiciprisma für aufrecht stehende und seitenrichtige Bilder bei der Erdbeobachtung.

Für meinen Vergleich habe ich beide Binokular-Ansätze abwechselnd an meinem sechszölligen Apochromaten mit einem Meter Brennweite ausprobiert. Der Mond sowie die Planeten Saturn und Jupiter boten während des Testzeitraums exzellente Beobachtungsobjekte. Um den qualitativen Einfluss der Okulare gering zu halten, beobachtete ich mit Zeiss-Abbe-Okularpaaren der Brennweiten 25, 16, 10 und 6 Millimeter sowie unter Zuhilfenahme einer Zweifach-Barlowlinse der Firma Astro-Physics. Als Referenzgeräte dienten mir ein Denkmeier Premium Bino (Denk II) und ein Baader Großfeld-Binokular Mark V.

▶ **Handhabung:** Beide Binos lassen sich problemlos und intuitiv bedienen. Beim Astrocom-Gerät fällt jedoch auf, dass die Verstellung des Augenabstands etwas schwergängig ist. Das ist vor allem dann ein Nachteil, wenn unterschiedliche Personen abwechselnd beobachten möchten. Beim Baader-Bino ist diese Verstellmöglichkeit viel leichtgängiger. Die Okularstutzen des Astrocom-Binos sind mit je einer Klemmschraube versehen.

Ärgerlich waren die dünnwandigen Hülsen bei unserem Testmuster: Nach etwas mehr als einer vollen Umdrehung greift die Schraube nicht mehr in das Ge- >

Der Testaufbau mit Fernrohr, den beiden Referenzgeräten, Zenitspiegel und Okularen im Hintergrund. Das Astrocom-Binokular vorne in der Bildmitte verfügt über einen 1¼-Zoll-Anschluss, während das Baader-Binokular (vorne links) fernrohrseitig ein genormtes T2-Gewinde besitzt.

Aus fernöstlicher Produktion stammen beide getesteten Binos. Die äußere Ähnlichkeit (links: Astrocom, rechts: Baader Planetarium) darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass im Detail doch einige Unterschiede zwischen ihnen bestehen.

> winde und kann herunterfallen. Dieser Mangel soll nach Auskunft der Firma Astrocom bei den ab 2006 gefertigten Binos behoben sein. Beim Baader-Bino fällt die Okularklemmschraube erst nach vollen vier Umdrehungen heraus. Es bietet pro Okular auch drei Klemmschrauben, um dieses mittig zu fixieren. Das ist sinnvoll, da bei asymmetrisch geklemmten Okularen Doppelbilder entstehen können.

Beide Geräte verfügen über eine Feinfokussierung für jeden Okularstutzen, sodass Sie die Schärfe für jedes Auge separat einstellen können. In Sachen Handhabung geht das Baader-Bino als klarer Sieger hervor.

► **Justage:** Bei einem Bino ist vor allem die exakte Übereinstimmung beider Gesichtsfelder wichtig. Wenn die Prismen im Innern nicht präzise justiert sind, kann das Gehirn die zwei Bilder nicht zu einem einzigen vereinigen. Die Augen beginnen dann unwillkürlich zu schielen, was zu Kopfschmerzen führen kann. Im schlimmsten Fall sieht der Beobachter ein Doppelbild. Beim Baader-Bino können Sie die Einblickstutzen nach dem Lösen von drei Kreuzschlitzschrauben seitlich verstellen und in eine optimale Position bringen. Dem Astrocom-Bino fehlt dieser Freiheitsgrad.

Das mir von der Firma Astrocom zur Verfügung gestellte Bino zeigte daher schon bei niedrigster Vergrößerung (zirka 43fach) ein Doppelbild. Mit etwas Druck kann man den Einblickstutzen jedoch verkippen. Durch Hin- und Herwackeln gelang es mir schließlich, ein einwandfreies Bild zu sehen. Die mechanische Unzulänglichkeit verkippender Okularhülsen beim Astrocom-Bino entpuppte sich hier als Notlösung für deren fehlende Justiermöglichkeit. Beim anschließenden Wechsel zu höheren Vergrößerungen musste die oben beschriebene Prozedur allerdings nach jedem Okularwechsel wiederholt werden. Mit dem Mangel unseres Testmusters konfrontiert, versicherte der Hersteller, dass dieser nur selten auftrete und fehlerhafte Geräte anstandslos ausgetauscht würden.

Auch das Maxbright-Bino zeigte Schwächen. Bei geringen Vergrößerungen hatte ich keine Beanstandungen. Bei höheren Vergrößerungen waren jedoch auch hier Doppelbilder zu sehen. Wiederum half der seitliche Druck auf die Okularstutzen. Im Gegensatz zum Astrocom-Bino blieb die optimale Einstellung hier aber nach einem Okularwechsel stabil. Abermals punktet das Baader-Maxbright-Bino, obwohl hier ebenfalls stabilere Okularstutzen wünschenswert wären.

Transmission und Lichtweg

	Transmission (%)		Transmissionsverlust (%)			benötigter Lichtweg (mm)
	links	rechts	links	rechts	gesamt	
Astrocom	50,0	42,5	0,0	7,5	7,5	100,0
Baader Maxbright	52,5	45,0	-2,5*	5,0	2,5	108,5

* Der Transmissionsverlust für den linken und rechten Okularstutzen wurde unter der Annahme berechnet, dass der Strahlteiler das einfallende Licht in zwei genau gleiche Teile aufspaltet. Der Minuswert kommt zu Stande, wenn in einem Stutzen mehr Licht gemessen wurde, als bei dieser Annahme maximal zu erwarten ist. Natürlich fehlt dieses »Zuviel« an Licht im anderen Stutzen.

▶ **Transmission:** Das Licht durchläuft in einem Binokular insgesamt drei Prismen sowie den Strahlteiler. Lichtverluste durch Reflexion, Absorption und Streuung sind daher unvermeidbar. Im Test ermittelte ich den Anteil des einfallenden Lichts, der den Binokularansatz wieder verlässt und den Weg ins Okular findet. Diese Messung erfolgte fotografisch auf einem Leuchtpult und wurde anhand einer Eichkurve quantitativ ausgewertet.

Interessanterweise fand ich heraus, dass in beiden Geräten jeweils etwas mehr Licht in den linken Okularstutzen geleitet wird als in den rechten. Ein Hinweis darauf, dass der Strahlteiler das Licht nicht genau hälftig aufsplittet.

Das Baader-Bino lässt insgesamt fünf Prozent mehr Licht passieren als das Astrocom-Bino. Das klingt nach einem eher geringen Unterschied, ist aber im direkten Vergleich ohne Weiteres sichtbar. Testbeobachtungen an flächigen Objekten wie dem Mond und Planeten untermauerten meine Vermutung. Das Baader-Bino ist geringfügig heller und gewinnt daher auch den Transmissionstest.

▶ **Optische Leistung:** Erfreulicherweise liegen in dieser Disziplin beide Geräte auf erstaunlich hohem Niveau. Selbst die teureren Referenzgeräte zeigten hinsichtlich Schärfe und Kontrast keine höhere Leistung. Sowohl das Astrocom- als auch das Baader-Bino verdienen Bestnoten im Bereich Bildgüte. Dieser Testabschnitt endet also unentschieden.

▶ **Fokuslage:** Je kürzer der benötigte Lichtweg in einem Bino, desto höher sind die Chancen, den Schärfepunkt zu erreichen. Das Baader-Maxbright benötigt 8,5 Millimeter mehr »Fokusreserve«, was auf den T2-Anschluss zurückzuführen ist. Verwenden Sie das optional erhältliche T2-Zubehör, können Sie diesen Lichtwegnachteil wieder ausgleichen. Diesen Testteil entscheidet das Astrocom-Bino für sich.

▶ **Öffnung:** Der freie Durchlass in einem Bino limitiert dessen Gesichtsfeld. Ist die Öffnung zu gering, tritt bei langbrennweitigen Weitwinkelokularen eine Abdunklung am Bildfeldrand auf (die so genannte Vignettierung). Die Eintrittsöffnung beider Testkandidaten ist praktisch identisch: 23 Millimeter. Okularseitig hat das Astrocom-Bino etwa zwei Millimeter engere Blenden. Nur beim Einsatz von Okularen mit extrem großem Bildwinkel merkt man diesen Unterschied. Extreme Weitwinkelokulare sind für die Beobachtung mit einem Bino aber nicht ideal, weil nie das ganze Gesichtsfeld eingesehen werden kann. Daher werte ich auch diesen Testabschnitt als unentschieden.

Vor- und Nachteile von Binokularen

Vorteile
- entspanntes Beobachten
- bessere Erkennbarkeit von Details, vor allem beim Beobachten von Sonne, Mond und Planeten
- räumlicher Bildeindruck (aber keine echte 3-D-Ansicht)

Nachteile
- Lichtverlust um mindestens 50 Prozent pro Okular durch den Strahlteiler
- Anschaffung von jeweils zwei gleichen Okularen notwendig
- verlängerter Lichtweg durch den Strahlengang im Bino
- Vereinzelt kommt es vor, dass Beobachter die beiden Bilder eines Binos im Gehirn nicht zu einem einzigen verschmelzen können. Bevor Sie sich zu einer Anschaffung entschließen, probieren Sie am besten aus, ob Sie zu dieser Personengruppe gehören.

Das Ergebnis

Klarer Testsieger ist das Maxbright-Bino von Baader Planetarium. Es kann die meisten Einzeltests für sich entscheiden und überzeugt insgesamt durch viele clevere Detaillösungen. Trotz des höheren Anschaffungspreises erhält es daher meine Kaufempfehlung. Bei stabileren und gegen Verkippen gesicherten Okularstutzen wäre es sogar für das viereinhalbmal teurere Großfeld-Bino aus eigenem Haus ein ernsthafter Konkurrent.

Das Astrocom-Binokular zeigt in diesem Test einige Mängel. Sein Kampfpreis in Kombination mit den beigelegten Okularen macht es jedoch sicherlich für den einen oder anderen Käufer interessant. <<

Stefan Seip ist Astrofotograf und bevorzugt das beidäugige Beobachten bei Tag wie bei Nacht.

Stabile Binokoffer (links: Astrocom, rechts: Baader) sollen die Optiken vor Erschütterungen schützen, die im schlimmsten Fall zur Dejustage führen können.

Schweifsterne …

… wie der Komet P 73 Schwassmann-Wachmann 3 sind seltene Gäste. Auch bei anderen Objekten kommt es auf das richtige Timing an – oder auf eine Wolkenlücke zur rechten Zeit.

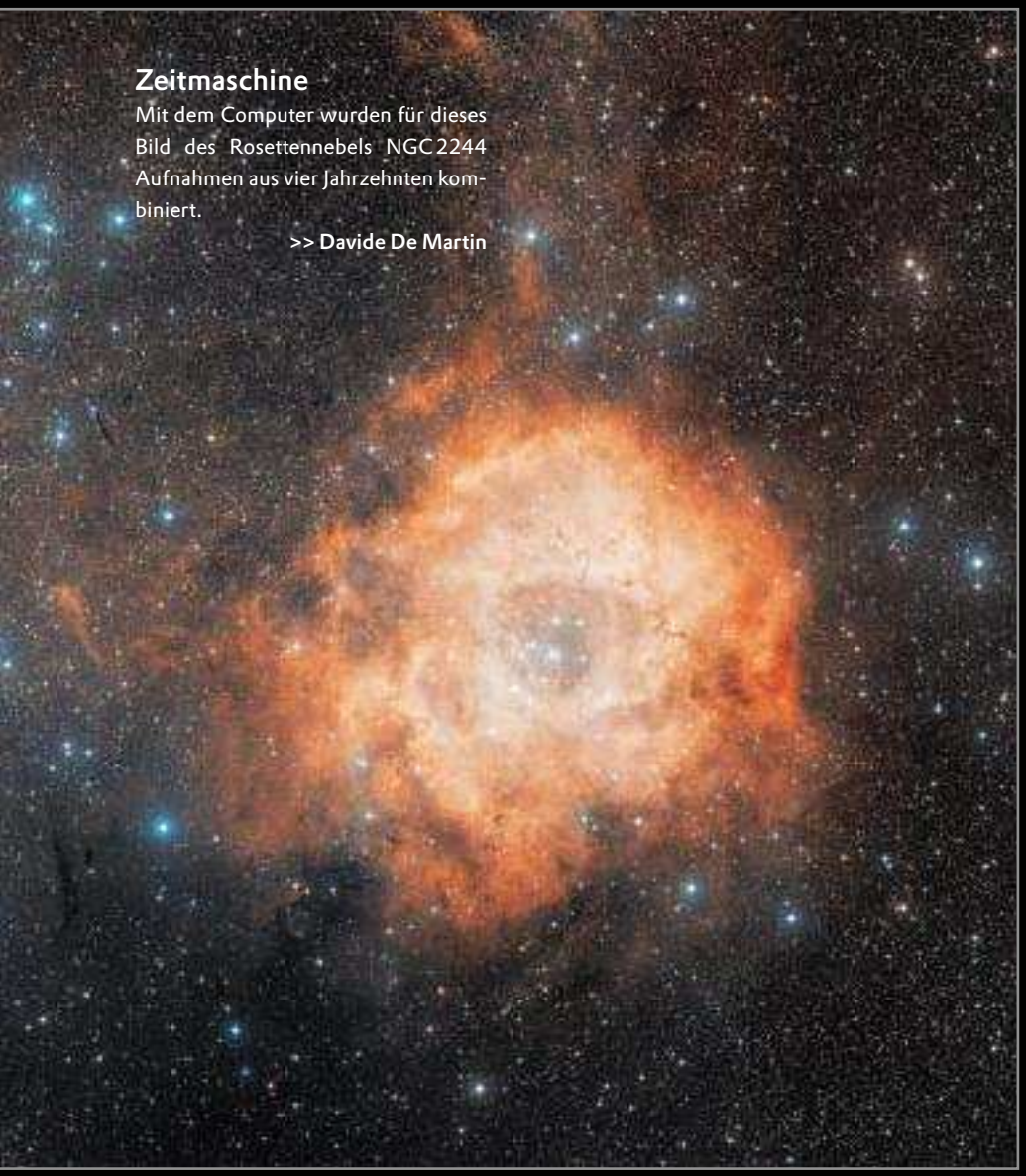
Im Verborgenen
Der Kopf des Kometen ist von einer Gashülle umgeben, was diese Aufnahme vom 6. Mai sehr schön zeigt.
>> Christoph Rollwagen

Die nördliche Krone
war das eigentliche Objekt dieses Fotos vom 24. April, auf dem noch zwei Fragmente des Kometen als unscharfe Sterne zu sehen sind.
>> Eckhard Slawik

Kaputt

Der Komet Schwassmann-Wachmann besteht aus einigen Bruchstücken. Das Bild entstand aus mehreren Aufnahmen vom 22. April. Die Sterne erscheinen strichförmig, da auf den Kometen nachgeführt wurde.

>> Martin Wagner



Zeitmaschine
Mit dem Computer wurden für dieses Bild des Rosettennebels NGC 2244 Aufnahmen aus vier Jahrzehnten kombiniert.
>> Davide De Martin

Dia-Show
Die Entwicklung von Protuberanzen wurde im Abstand von jeweils 24 Stunden mit einer Webcam und einem Coronado-Sonnenteleskop dokumentiert.
>> Tom Fliege

Sonnenhalo
Auf einer Fahrt nach Meran war dieser Halo um die Sonne zu beobachten. Zum Glück lag eine Kamera griffbereit!
>> Stefan Dylus

Kosmischer Whirlpool

Die Galaxie M 51 gehört zu den schönsten am Sommerhimmel – so eindrucksvoll wie in dieser Langzeitbelichtung wirkt sie im Okular allerdings nie. **>> Rochus Hess**

»Fly me to the moon«

Immer wieder fliegen Flugzeuge zwischen Mond und Teleskop hindurch.
>> Andreas Hoch

Mondillusion

Am Horizont wirkt unser Trabant sehr groß – in diesem Fall wurde der Effekt durch ein Teleobjektiv verstärkt.
>> Johannes Schedler

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste JPEG-Bilder, jedoch keine Download-Links, CDs oder Zip-Archive. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an. Abzüge und Diapositive können nur zurückgesandt werden, wenn ein frankierter Rückumschlag beiliegt.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Stichwort: Glanzlichter
Postfach 10 48 40 • D-69038 Heidelberg • E-Mail: glanzlichter@astronomie-heute.de

Leichte Nachführprobleme verlieren ihren Schrecken

FOTOS: WERNER ZSCHAU; BEARBEITUNG: STEFAN

Am Morgen des 8. Mai 2006 zog das helle Fragment »C« des Kometen Schwassmann-Wachmann 3 sehr knapp am bekannten Ringnebel in der Leier (M 57) vorbei. Werner Zschau nutzte die Chance, um beide Himmelsobjekte zu verewigen. Er schickte mir eine Auswahl von acht Bildern im JPG-Format, die mit einer Canon EOS 20D bei Iso 1600 und einer Brennweite von 1600 Millimetern aufgenommen wurden. Die Belichtungszeit betrug jedes Mal 155 Sekunden.

Die Herausforderung bei so einer Aufnahme besteht darin, dass sich der Komet während der Belichtung gegenüber den Sternen weiterbewegt. Stellt man die Nachführung des Teleskops auf die scheinbare Bewegung der Sterne ein – wie bei Astroaufnahmen üblich –, dann wird der Komet als Strichspur abgebildet und verliert an Schärfe. Führt man das Fernrohr dagegen auf den Kometen nach, erschienen auf der Aufnahme alle Sterne als kurze Striche, auch der Ringnebel wäre nicht scharf abgebildet. Es gilt also, einen Kompromiss bei der Belichtungszeit zu finden: Sie muss lang genug sein, um alle gewünschten Objekte sichtbar zu machen, und gleichzeitig kurz genug, um Unschärfen durch die Bewegung des Kometen zu vermeiden. Herr Zschau stellte daher mit Iso 1600 die sinnvollste Kameraempfindlichkeit ein.

Die Geschwindigkeit des Kometen gegenüber den Sternen betrug während der Aufnahme 12,7 Bogensekunden pro Minute: so schnell, dass der Kometenkopf sogar bei nur dreiminütiger Belichtung verwischt. Aber ein kritischer Blick auf die Sternabbildung zeigt auch Schwächen. Zum einen war die Kamera nicht hundertprozentig scharf gestellt, zum anderen gelang die Nachführung auf die Sterne nicht perfekt, sodass die Sterne ganz leicht strichförmig erscheinen. Ich wählte eine Aufnahme aus, bei der die Sterne nur leicht verzogen sind. Daran möchte ich Ihnen zeigen, wie sich dieses Problem in Photoshop beheben lässt.

Zuerst bearbeiten Sie das betroffene Bild mit »Tonwertkorrektur« und »Gradationskurven« (AH 5/2006, S. 74). Dann verdoppeln Sie die Ebene, indem Sie im Ebenenfenster (gegebenenfalls mit der Taste »F7« einblenden) mit der rechten Maustaste auf die Ebene klicken und den Befehl »Ebene duplizieren …« anwählen. Bestätigen Sie im erscheinenden Dialogfeld mit »OK«. Stellen Sie anschließend den Überblendmodus der oberen Ebene von »Normal« auf »Abdunkeln« um. Wenn Sie nun (die obere Ebene bleibt ausgewählt) das Verschieben-Werkzeug anwählen (Taste »V«), dann können Sie mit der Maus diese Ebene gegen die untere verschieben – allerdings nur recht grob. Die vier Cursortasten (Pfeiltasten) auf der Tastatur ermöglichen pixelgenaues Arbeiten. Feinste Korrekturen gelingen bei der Darstellungsgröße »100 %« (Tasten »Alt« + »Strg« + »0«). Verschieben Sie die obere Ebene in Richtung der Sternspuren, bis die Sterne wieder punktförmig erscheinen. Im vorliegenden Fall half die Verschiebung um vier Pixel nach unten und zwei nach links. Wenn Sie mit dem Ergebnis zufrieden sind, können Sie die Ebenen wieder verbinden (Befehl »Ebene/Auf Hintergrundebene reduzieren«).

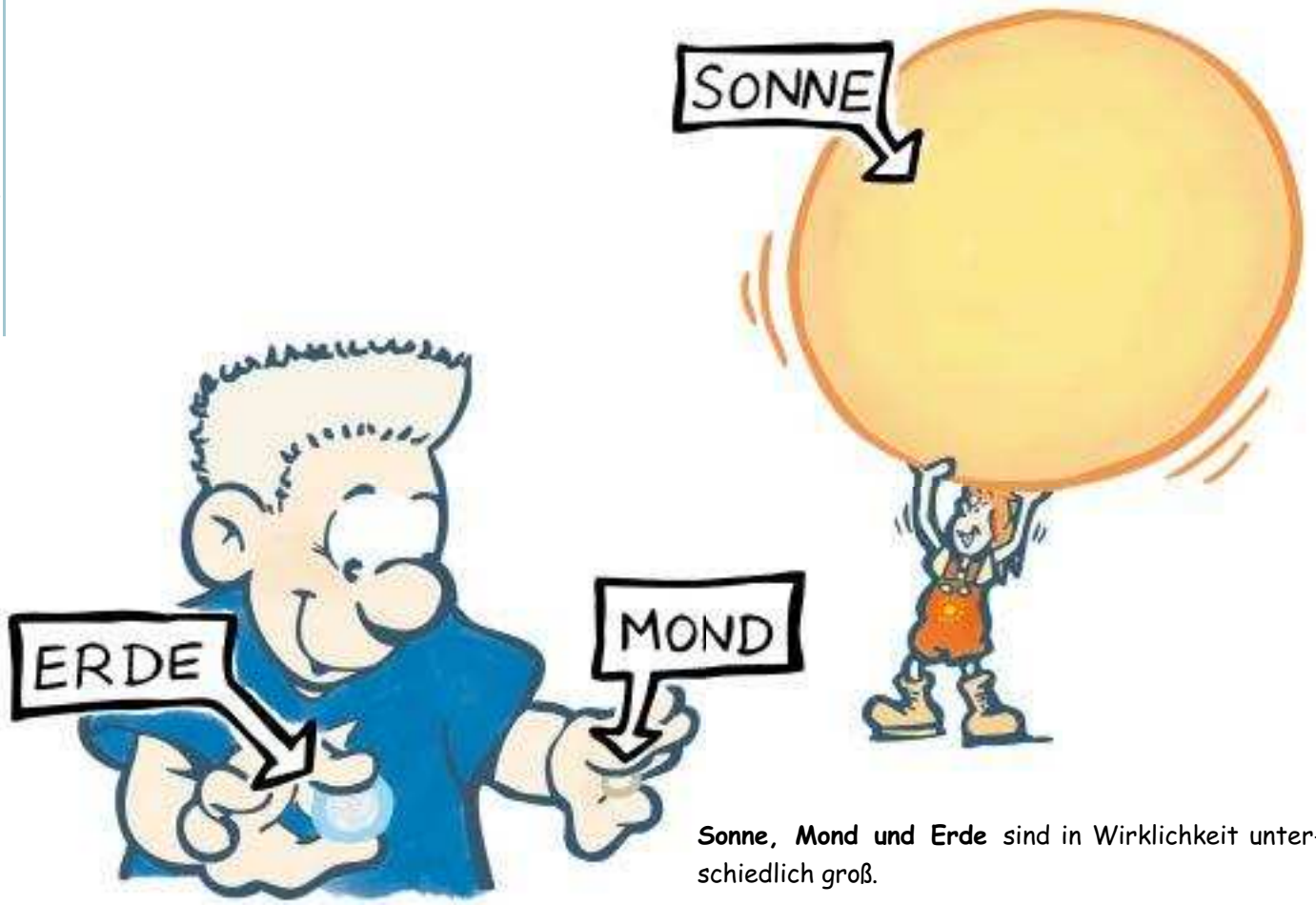
Anschließend nahm ich noch weitere Eingriffe vor: eine leichte Weichzeichnung und eine zweite, selektive Weichzeichnung des Himmelshintergrunds mit dem stärksten Bildrauschen.

Herrn Zschau gratuliere ich zu diesem eindrucksvollen Bild einer sehr seltenen Konstellation am Sternhimmel! <<

Erfolgreiche Korrektur am PC: Links ist ein Ausschnitt aus dem ursprünglichen Bild zu sehen. Die Sterne erscheinen leicht strichförmig, da die Nachführung nicht perfekt war. Nach der Bearbeitung sind die Sterne wieder punktförmig (Mitte). Das Gesamtergebnis mit Komet und Ringnebel (rechts) kann sich sehen lassen!

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu!
redaktion@astronomie-heute.de



ALLE ILLUSTRATIONEN DIESES ARTIKELS: AH, EMDE-GRAFIK

Sonne, Mond und Erde sind in Wirklichkeit unterschiedlich groß.

Die Sonne und ihre Flecken

>> Cecilia Scorza de Appl

»Sonja, weißt du eigentlich, woraus die Sonne besteht und wie groß sie ist? Der Mond und die Planeten senden ja kein eigenes Licht aus, sie spiegeln das der Sonne wider. Nur Sterne strahlen Licht und Energie ab. Der Mond und die Planeten können dies nicht. Aber woher kommt eigentlich diese Energie?«

»Die Sonne ist ein riesiger Ball aus heißen Gasen, Lunic. Sie ist so groß, dass die Erde eine Million Mal in sie reinpassen würde! Nur weil sie so weit von der Erde entfernt ist, erscheint sie uns am Himmel genau so groß wie der in Wirklichkeit viel kleinere Mond.«

»Ach, und deswegen wird sie während einer totalen Sonnenfinsternis vom Mond ganz verdeckt?«

»Genau Lunic. Das Gas der Sonne ist so heiß, dass es auf ihrer Oberfläche ständig wirbelt und ganz gewaltig brodelt! Die Temperatur auf der Sonne liegt bei 5500 Grad Celsius. Weiter im ihrem Innern steigt die Temperatur sogar noch sehr viel höher. Es wird heißer und heißer, bis schließlich, ganz im Zentrum, eine Temperatur von unvorstellbaren 15 Millionen Grad erreicht wird.«

»Uff! Das ist aber sehr heiß, Sonja! Wenn ich mir vorstelle, dass kochendes Wasser »nur« hundert Grad

Celsius hat … Aber wenn das Gas so heftig brodelt, warum fliegt die Sonne dann nicht auseinander?«

»Weil die Schwerkraft alles zusammenhält. Genauso wie die Luft unserer Atmosphäre an die Erde gebunden bleibt, hält die Schwerkraft der Sonne das ganze Gas fest.«

»Dann ist die Sonne also eine glatte und gleichmäßig glühende Gaskugel?«

»Nein, Lunic, die Oberfläche der Sonne ist nicht glatt. Sie ist übersät mit unzähligen Blasen wie die in einer kochenden Suppe. Von Zeit zu Zeit bekommt sie auch Flecken auf ihrer Oberfläche. Die siehst du auf dem Bild oben rechts. Das sind kältere Stellen, die ziemlich groß sein können – so groß wie die Erde oder noch größer.

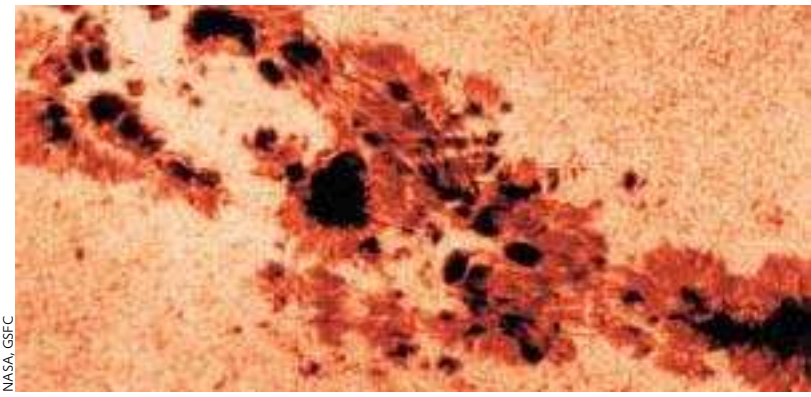
Die Zahl der Flecken schwankt stark. Alle elf Jahre sind besonders viele Flecken zu beobachten. Die Sonne sieht dann aus, als hätte sie einen Ausschlag. Manchmal gibt es auch heftige Sonnenausbrüche, die wie riesige Feuerzungen oder -bögen aussehen. Die Wissenschaftler nennen sie Protuberanzen. Auf dem Foto rechts siehst du eine solche Protuberanz und im Vergleich dazu die winzige Erde.«

»Und woher kommen die Energie und das Licht der Sonne, Sonja?«

»Die Sonne erzeugt die Energie, die sie an ihrer Oberfläche abstrahlt, durch Kernfusion ganz tief in ihrem Innern. Um dir das zu erklären, muss ich ganz an den Anfang zurück, als es unsere Sonne noch nicht gab. Wenn normale Stoffe wie Papier, Holz oder Kohle verbrannt werden, verwandeln sie sich in Asche und Rauch. Während des Verbrennens geben sie Energie in Form von Wärme und Licht ab. Ähnliches geschieht im Zentrum der Sonne, aber dort wird keine Kohle verbrannt, sondern es werden neue Atome gebildet.«

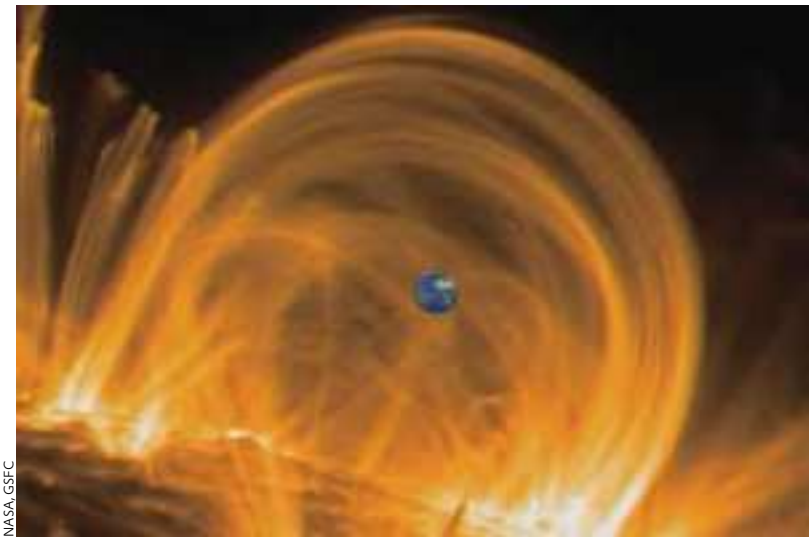
»Das verstehe ich nicht, Sonja, welche Atome werden denn dort gebildet?«

»Alle Stoffe, die wir auch hier auf der Erde kennen, sind aus Atomen, also aus sehr kleinen Teilchen aufgebaut. Atome sind so klein, dass wir sie >



NASA, GSFC

Alle elf Jahre hat die Sonne besonders viele dunkle Flecken auf ihrer Oberfläche.

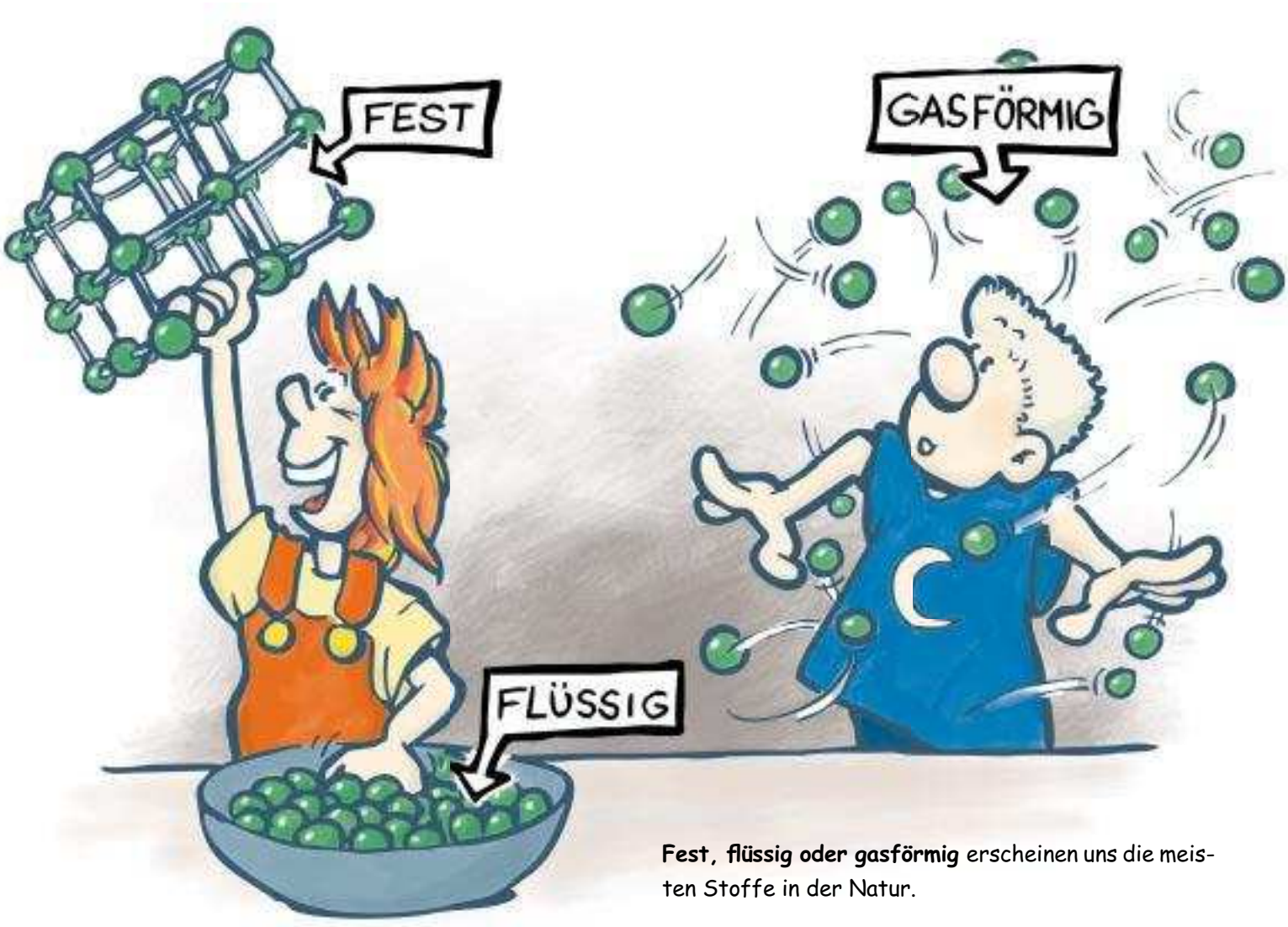


NASA, GSFC

Die Ausbrüche auf der Sonne sind so riesig, dass die Erde in die Feuerbögen bequem hineinpassen würde.

STEPHAN FICHTNER

Obwohl der Mond viel kleiner ist als die Sonne, verdeckt er sie bei einer totalen Finsternis vollständig.



Fest, flüssig oder gasförmig erscheinen uns die meisten Stoffe in der Natur.

› nicht mit dem Auge, ja noch nicht einmal mit einem Mikroskop sehen können. Es gibt ungefähr hundert verschiedene Arten von Atomen.«

»Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein. In festen Stoffen wie Metallen oder Steinen sind die Atome dicht gepackt und recht unbeweglich. In Gasen, wie sie in unserer Luft enthalten sind, sind sie dagegen dünn verteilt und können schnell umhersausen.

In Flüssigkeiten sind die Atome unbeweglicher als in Gasen, aber nicht so fest gebunden wie in festen Materialien. Das kleinste aller Atome ist das Wasserstoffatom. Die Sonne und alle anderen Sterne bestehen hauptsächlich aus Wasserstoffgas. Es istdas leichteste Gas und überall im Weltall zu finden.

Im Zentrum der Sonne, wo Temperaturen von 15 Millionen Grad herrschen, stoßen die Wasserstoffatome so heftig gegeneinander, dass sie miteinander verschmelzen und Helium bilden. Bei der Umwandlung von Wasserstoff zu Helium entsteht viel Energie.«

»Helium? Ist das nicht das Gas, Sonja, mit dem die bunten Ballons auf dem Jahrmarkt gefüllt werden, damit sie in der Luft schweben können?«

»Richtig, Lunic. Helium ist leichter als Luft, und deswegen steigen die Ballons auf dem Jahrmarkt auch nach oben, wenn man sie loslässt.«

»Und wenn der Wasserstoff im Innern der Sonne einmal aufgebraucht ist, was passiert dann, Sonja? Wird die Sonne dann erlöschen?«

»Vermutlich geht die Sonne irgendwann aus. Aber weil sie so viel Wasserstoff besitzt, ist es frühestens in vier Milliarden Jahren soweit. Das ist eine Vier mit neun Nullen!«

»Das ist ja noch eine Ewigkeit, Sonja. Bis dahin können die Menschen vielleicht einen anderen Planeten mit genauso viel Luft und Wasser wie auf der Erde finden und dorthin umziehen.«

»Ja, Lunic. Aber die Suche nach so einem Planeten dauert auch sehr lange. Die Astronomen haben bisher erst 180 Planeten bei anderen Sterne gefunden, aber bisher nur einen mit einer festen Oberfläche wie auf der Erde. Doch dort ist es sehr, sehr kalt …«

»Immerhin haben wir bis zum Verglühen der Sonne noch genug Zeit, Sonja. Nun habe ich richtige Lust bekommen, ein Planetenforscher zu werden. Und vor allem möchte ich mir auch die Sonne bei Gelegenheit noch näher anschauen.«

»Da musst du aber sehr vorsichtig sein, Lunic: Du darfst die Sonne nie direkt durch ein Fernrohr oder ein Fernglas beobachten! Denn davon kannst du blind werden!«

»Und wie beobachten die Astronomen die Sonnenflecken? Haben sie besonders starke Sonnenbrillen?«

»Nein, nicht sie haben Sonnenbrillen sondern ihre Fernrohre! Sie nennen sie »Sonnenfilter«. Aber die beste und sicherste Methode ist, die Sonne durch ein Teleskop oder ein Fernglas auf ein Stück weiße Pappe zu projizieren. Das macht man am besten mit Papas oder Mamas Fernglas und mit einem Erwachsenen zusammen.«

»Kann man dann auch die Sonnenflecken sehen?«

»Ja, und man kann sogar sehen, wie sie innerhalb von ein paar Tagen über die Sonne wandern.«

»Wie bitte? Die Flecken wandern wirklich über die Sonne?«

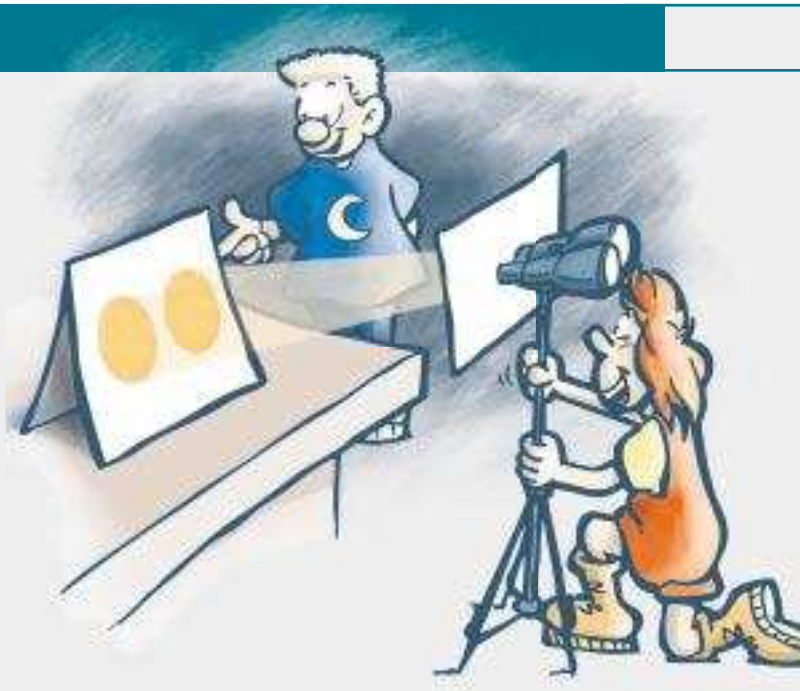
»Nein, nicht wirklich. Die Sonne dreht sich wie die Erde um sich selbst. Die Erde braucht 24 Stunden für eine Umdrehung, die Sonne dagegen braucht 25 Tage! Die Flecken drehen sich einfach mit der Oberfläche mit, und so hat es für uns den Anschein, als würden die Flecken wandern.

So, Lunic, und jetzt zeige ich dir, wie man die Sonne ganz ohne Gefahr auf ein Stück Pappe projizieren kann.« ‹‹

Der Sonnenprojektor

Zubehör: ein Fernglas mit Stativ, ein kleines Stück Pappe, ein Stück große, weiße Pappe als Projektionsfläche.

Mit dem kleinen Stück Pappe basteln wir uns einen Schirm mit zwei Löchern für die Okulare des Fernglases. Dann befestigen wir das Fernglas auf einem Stativ und stellen es wie auf der Skizze gezeigt vor unsere große Pappe. Jetzt bewegen wir es so lange, bis die Sonne auf die Pappe scheint. Dort müssen zwei Bilder der Sonne sein. Jetzt stellt ihr so lange scharf, bis der Sonnenrand und die Sonnenflecken gut zu sehen sind. Aber auf keinen Fall direkt durchs Fernglas schauen! Und seid bitte nicht enttäuscht, wenn ihr keine Flecken findet: Es gibt viele Tage, an denen die Sonne keinen einzigen hat!



Lunic und Sonja beobachten die Sonne.

Himmelsscheibe Marke Eigenbau

Mit Planisphere können Sie sich kostenlos Bastelbögen für drehbare Sternkarten ausdrucken. **>> Peter Strub**

Ein Computerprogramm einzig und allein zum Drucken von drehbaren Sternkarten? Wer braucht denn das?« So in etwa schoss es mir durch den Kopf, als ich von Planisphere erfuhr. Dabei ist die Antwort eigentlich ziemlich nahe liegend.

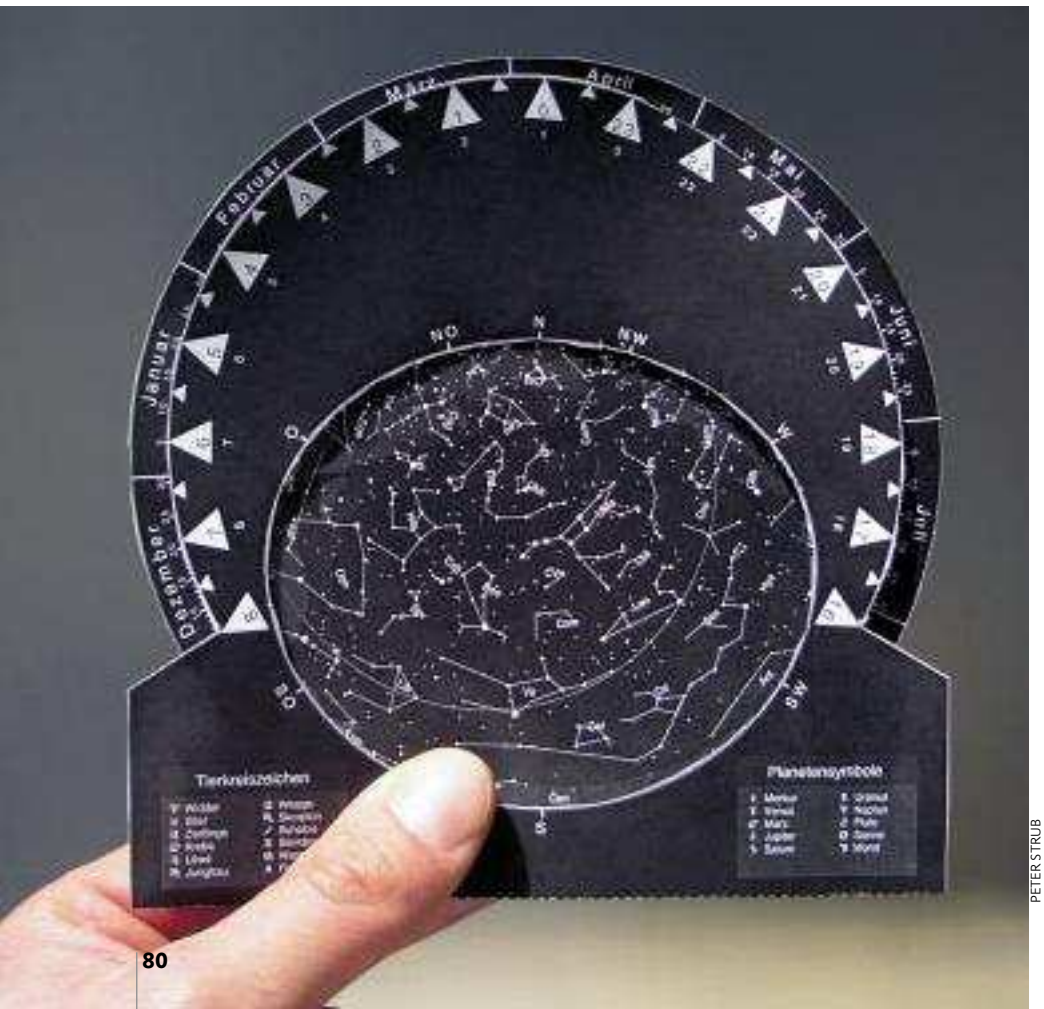
Eine drehbare Sternkarte ist ein einfaches, aber sehr vielseitiges Hilfsmittel zur Orientierung am Himmel. Wahrscheinlich haben Sie sogar bereits eine im Regal, und vielleicht ist die auch größer, stabiler und detailreicher als eine mit Planisphere gebastelte Karte. Trotzdem dürfte es nur eine Frage der Zeit sein, bis eine gewöhnliche Karte an ihre Grenzen stößt: Sie ist genau genommen nur für einen einzigen Breitengrad gültig. Je weiter man nach Süden (oder Norden) reist, desto mehr weicht die Darstellung vom Himmel ab.

Sternkarten für jeden Ort

Mit Planisphere dagegen kann man sich eine drehbare Sternkarte für jede beliebige geografische Breite zwischen 25 und 80 Grad Nord oder Süd basteln. Dass hier die Regionen um den Nord- und den Südpol fehlen, ist für die meisten Sternfreunde wohl leicht zu verschmerzen. Deutlich mehr Beobachtern dürfte aufstoßen, dass für äquatornahe Gegenden keine Sternkarten erzeugt werden können. Das ist aber ein notwendiger Tribut an diese Art der Darstellung: Je näher man dem Äquator kommt, desto größer wird auch die Nord-Süd-Ausdehnung des überblickbaren Himmels, der auf der Karte untergebracht werden muss, und umso größer werden die Verzerrungen der Sternbilder am Kartenrand. Schon bei den drehbaren Sternkarten für Mitteleuropa sind die Südhimmelkonstellationen deutlich verformt. Es gibt zwar drehbare (Welt-)Sternkarten, die dieses Problem durch eine andere Darstellung verringern können. Doch diese Möglichkeit vermisse ich kaum, da ihre Benutzung sehr gewöhnungsbedürftig ist.

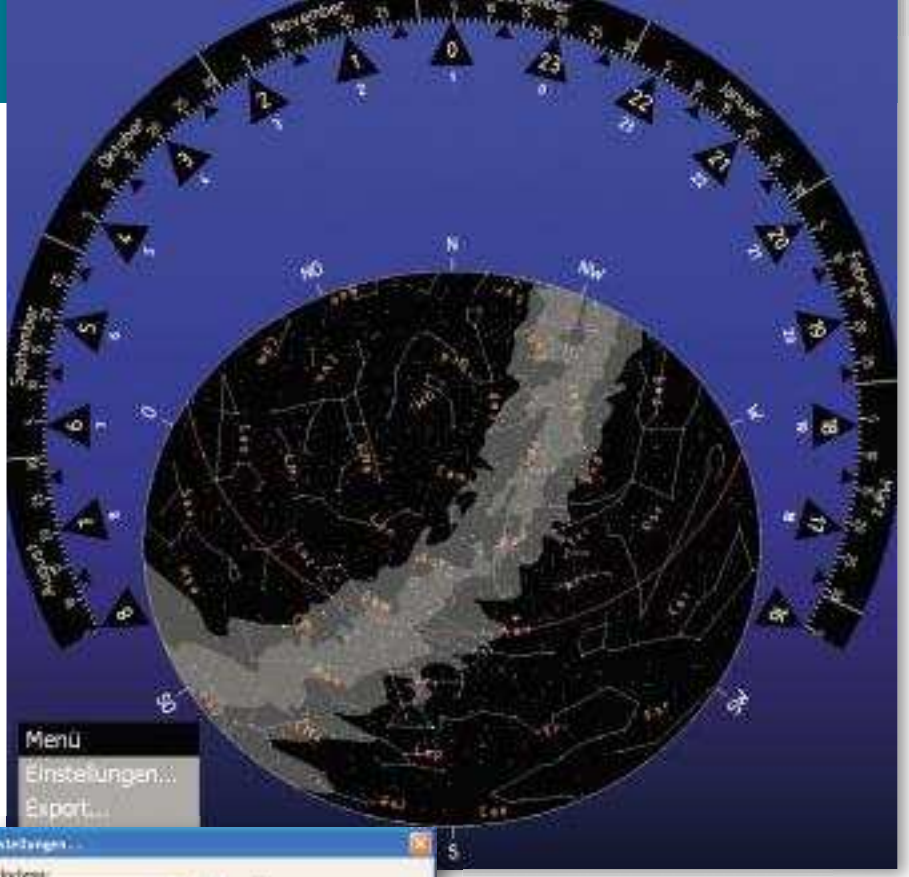
Unter dem Strich ist Planisphere ein sehr übersichtliches und einfach zu bedienendes Programm. Das liegt nicht zuletzt daran, dass es nur wenige Optionen bietet, die aber für das eng begrenzte Einsatzgebiet vollkommen ausreichen. Erwarten Sie keine Planetariumssoftware. Deswegen sind auch keine Informationen zu Sternen oder Planetenpositionen verfügbar – das Einzige, was man im Hauptbildschirm (siehe Bild rechts oben) machen kann, ist, die dort dargestellte drehbare Sternkarte genau wie ihr materielles Gegenstück zu verdrehen.

Im Einstellungsfenster können Sie den Breitengrad, die Sprache (unter anderem Deutsch) und ein paar Darstel-



PETER STRUB

Ihre persönliche Sternkarte
ist für jeden Ort schnell erstellt und sofort einsatzfähig.



Sternkarte in Aktion Hauptbildschirm von Planisphere (oben); die Programmoptionen (links) sind relativ knapp, aber alles Nötige ist vorhanden.

lungsoptionen wie Ekliptik, Koordinatennetz und Ansicht der Milchstraße anpassen. Über das Export-Fenster kann die Karte als Bastelbogen im PDF-Format gespeichert werden, wahlweise schwarz auf weiß oder umgekehrt. Die fertige Karte hat einen Durchmesser von ungefähr 15 Zentimetern und ist damit etwa so groß wie die im Handel erhältlichen drehbaren Ministernkarten. Wenn Sie die Bauteile ausgeschnitten und zusammengeheftet haben, halten Sie eine vollständige, sehr ansehnliche Sternkarte in der Hand – selbst einem Bastelmuffel wie mir bereitete das keine Schwierigkeiten! Will man sie allerdings häufiger benutzen, sollte man die Vorlagen vor dem Ausschneiden am besten entweder auf einen stabilen Karton aufkleben oder gleich darauf ausdrucken. Alternativ können Sie sie auch laminieren.

Planisphere ist Freeware, allerdings bittet der Autor bei Gefallen um eine kleine Spende oder eine Ansichtskarte Ihres Wohnorts. Bei knapp zwei Megabyte Dateigröße ist das Programm selbst für Modemnutzer schnell herunterzuladen und läuft dank geringer Systemanforderungen auch auf alten Rechnern. Wer für den nächsten Urlaub noch eine passende Sternkarte braucht oder einfach nur neugierig geworden ist, kann mit Planisphere also gar nichts falsch machen! <<

Peter Strub freut sich, dass er jetzt weltweit ohne Laptop die Sterne beobachten kann.

Systemanforderungen

Windows 95 OSR 2 oder höher, 8 Megabyte RAM, PDF-Anzeigeprogramm

Das Programm Planisphere sowie eine deutsche Anleitung sind erhältlich auf: http://nio.astronomy.cz/om/index_de.html

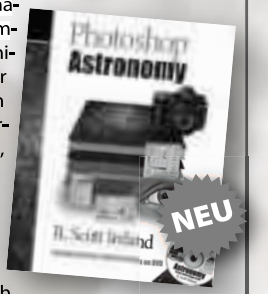
Atlas der Messier-Objekte

Eine gelungene Mischung aus Beobachtungshilfe und Bildband. Das großzügige Format und die aufwändige optische Gestaltung machen die Lektüre zu einem echten Genuss! Eine derartig umfangreiche und vollständige Darstellung zu den Messier-Objekten hat es bisher in deutscher Sprache noch nicht gegeben. Die Beschreibung zu den Objekten gliedern sich in die Abschnitte Historie, Astrophysik und Beobachtung. Gleichgültig ob das Interesse eher historisch, theoretisch oder praktisch ausgerichtet ist, kommt jeder mit diesem Buch auf seine Kosten.

€ 59⁹⁰

Photoshop Astronomy

Der Autor arbeitet seit fast 10 Jahren mit Photoshop, um seine Astrofotos zu bearbeiten. Die dabei gemachten Erfahrungen hat er in diesem speziell auf die Bedürfnisse des Amateurastronomen zugeschnittenen Buch gesammelt. Die behandelten Themen sind unter anderem: die technische Ausstattung, Farbmanagement, Histogramme, Maskierungstechniken, Addition mehrerer Bilder, Korrektur von Vignettierungen, korrektur von Farbhalos, Deformationen oder überbelichteten Sternen, LRGB und vieles mehr. Auf der beigefügten DVD befinden sich alle im Buch besprochenen und verwendeten Beispielbilder.



€ 39⁹⁰

Astronomik UHC-E

Diese neue Variante des UHC-Filters ist eine günstige Ergänzung unseres Angebotes. Gegenüber dem Profi UHC-Filter ist die Halbwertsbreite etwas größer, die Transmission etwas geringer (typisch 94% gegen 98%). Dadurch liefert etwas weniger kontrastreiche Bilder an größeren Fernrohren. Durch seine Eigenschaften können wir den UHC-E-Filter als preiswerte Alternative für Geräte bis 15cm Öffnung empfehlen.

ab € 65⁰⁰

astro-shop
Eiffestr. 426 • 20537Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
www.astro-shop.com/ahoi

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Streulicht

Wegen der allgegenwärtigen Lichtverschmutzung haben Sie von Ihrem Wohnort aus die Milchstraße wahrscheinlich noch nie gesehen. Sie können gegen die verschwenderische Beleuchtung jedoch Schritt für Schritt angehen. **>> Phil Plait**

Lichtstärke ist keine Frage der Wattzahl – es kommt darauf an, wie viele Lumen ein Leuchtkörper erzeugt. Eine typische 100-Watt-Glühbirne liefert etwa 1700 Lumen. Eine Hochdrucknatriumdampflampe mit 100 Watt, wie sie zum Beispiel als Flutlicht in der Industrie verwendet wird, liefert beeindruckende 9500 Lumen.

Anfang der 1930er Jahre musste der Astronom George Ellery Hale einen Standort für ein gigantisches 200-Zoll-Teleskop finden, das bei seiner Vollendung das größte der Welt sein würde. Nach intensiver Suche fand er einen Ort, der ihm ideal erschien: die Spitze des Mount Palomar in Kalifornien. Der Gipfel dieses Bergs lag unter meist klarem Himmel und Los Angeles war nur wenig mehr als 150 Kilometer weit weg – nah genug, um leicht erreichbar zu sein, aber weit genug entfernt, sodass die Stadtlichter nicht stören würden.

Unglücklicherweise unterschätzte Hale die Entwicklung des verschlafenen Städtchens San Diego, das rund sechzig Kilometer südwestlich liegt. Innerhalb weniger Jahrzehnte breitete sich das Einzugsgebiet auf fast 800 Quadratkilometer aus. Heute hat die Stadt mehr als eine Million Einwohner. Ihre Häuser, Einkaufszentren, Tankstellen und Straßenlampen verursachen ein störendes Schimmern über dem Himmel des Mount Palomar.

Der geblendete Riese

Als das Teleskop vor 75 Jahren eingeweiht wurde, half es den Astronomen, Größe und Maßstab des Universums neu zu bestimmen. Heute ist es zwar immer noch ein wichtiges Instrument – das erforschbare Universum ist für dieses Gerät allerdings deutlich kleiner geworden. Es wird von einer Krankheit namens Lichtverschmutzung geschädigt.

Mittlerweile ist Lichtverschmutzung nicht nur ein Problem für Sternwarten auf einstmals abgelegenen Berggipfeln. Sie grassiert fast überall auf der Welt. Wo auch immer Menschen leben, die Außenbeleuchtung folgt ihnen. Einer aktuellen Studie italienischer Forscher zufolge müssen zwei Drittel der Weltbevölkerung – und 99 Prozent der Einwohner von Europa und den USA – nachts lichtverschmutzte Himmel ertragen. Wahrscheinlich ist die Milchstraße auch von Ihrem Wohnort aus nicht sichtbar.

Verstehen Sie mich nicht falsch: Wir brauchen Außenbeleuchtung bei Nacht, sowohl um zu arbeiten als auch für unsere Sicherheit. Aber viel zu häufig wird statt des Bodens der Himmel beleuchtet. Wenn die Erde keine Atmosphäre hätte, wäre das kein Problem (auch wenn wir dann andere Probleme hätten – bei der Atmung zum Beispiel). Allerdings sind in der Luft kondensierter Wasserdampf, Staub und andere Schwebstoffe verteilt. Wenn das Licht darauf trifft, wird es in alle Richtungen gestreut, sodass der Nachthimmel zu leuchten scheint. Und wenn der Himmel heller wird, lassen sich schwach schimmernde astronomi-

sche Objekte schwerer erkennen. Sterngucken wird schwieriger – und weniger befriedigend.

Ein unglaublich großer Teil der Straßenbeleuchtung ist schlecht entwickelt worden. Nehmen Sie eine durchschnittliche Straßenlaterne. Es erscheint wie eine gewagte Vermutung, dass sie eigentlich die Straße unter ihr beleuchten soll – immerhin sind die meisten Lampen so gebaut, dass ihr Licht in alle Richtungen scheint, auch nach oben. Laternen, die nach oben strahlen, helfen keinem und erschweren den Blick auf die Sterne.

Tatsächlich erreichen viele Beleuchtungsanlagen das Gegenteil von dem, wofür sie geplant waren. Ein helles, schlecht abgeschirmtes Licht zum Beispiel blendet nicht nur, es verursacht auch tiefere Schatten, wodurch das Auge schwerer erkennen kann, was sich vielleicht in den Schatten verbirgt – seien es Schlaglöcher oder Kriminelle.

Wirklich kriminell ist, wie viel Energie durch unausgereifte Beleuchtung verschwendet wird. Jedes einzelne Photon muss bezahlt werden, egal in welche Richtung es fliegt. Eine Studie zeigt, dass in Sacramento, Kalifornien, etwa 15 Millionen Kilowattstunden verschwendet werden – jedes Jahr. Das ist genügend Energie für 1500 Häuser. Allein die Einwohner dieser Stadt bezahlen jedes Jahr umgerechnet 1,2 Millionen Euro, nur um den Himmel zu beleuchten. In Deutschland ließen sich die Stromkosten für die Straßenbeleuchtung in einem Neubaugebiet um rund vierzig Prozent senken, wenn statt Natriumdampflampen optimierte Quecksilberdampflampen eingesetzt würden. Unausgereifte Beleuchtung führt nicht zu mehr Sicherheit, sondern verschwendet in großem Umfang Geld und Energie.

NASA

Auf der Flucht vor der Lichtverschmutzung errichten die Astronomen ihre Teleskope an immer entlegeneren Orten. Das recht kleine Hubble-Weltraumteleskop ist vor allem wegen seines »Standorts« so erfolgreich.

Wie kann dieses Problem gelöst werden? Treten Sie der International Dark-Sky Association IDA (www.darksky.org) bei oder unterstützen Sie die Fachgruppe Dark Sky der VdS (www.astronomie.de/bibliothek/initiativen/darksky). Die IDA mit über 11 000 Mitgliedern arbeitet seit 1988 daran, helle Himmel »herunterzudimmen«.

Ihr größter Erfolg bislang: Professionelle Lichttechniker haben ihre Beleuchtungsempfehlungen überarbeitet, sodass Blendeffekte und Lichtverschmutzung möglichst vermieden werden. Zurzeit arbeiten IDA und Lichttechniker gemeinsam an einer Reihe von Beleuchtungsstandards für große und kleine Gemeinden. Diese können dann Lichtverordnungen erlassen, die sowohl Geld und Energie sparen als auch den dunklen Nachthimmel erhalten.

Der kleine Unterschied

Die IDA ist schon deshalb wichtig, weil sie das Bewusstsein für das Problem Lichtverschmutzung schärft. Aber noch sind große Hürden zu überwinden. Das größte Hindernis ist vielleicht, dass viele die Möglichkeit für nächtliche Unternehmungen höher schätzen als den Nachthimmel – Skifahren und Golfen bei Nacht fallen mir spontan ein. Dabei übersehen sie den Nutzen der besseren Beleuchtung für uns alle.

Diese Angelegenheit betrifft jeden von uns. Ironischerweise sehen das die meisten Menschen nicht ein, weil sie den Nachthimmel niemals in seiner ganzen Pracht erlebt haben. Noch vor wenigen Generationen stand die Menschheit in engerem Kontakt mit den Geschehnissen am Sternhimmel, da unsere Vorfahren unter einem wirklich dunklen Himmel lebten. Diese Verbindung haben wir verloren, als wir lernten, die Nacht zum Tag zu machen. Aber sie muss nicht für immer verloren gegangen sein.

Als Zwölfjähriger war ich in einem Ferienlager auf dem Land, wo ich zum ersten Mal einen dunklen Himmel erlebte. Es gab Tausende von Sternen, die so dicht beisammenstanden, dass ich anfangs keine Sternbilder erkennen konnte. Endlich fand ich den Schützen, und die Milchstraße schimmerte in ihm wie ein herannahender Sturm. Ich erinnere mich immer noch deutlich an diesen Moment, der mich zutiefst berührt hat.

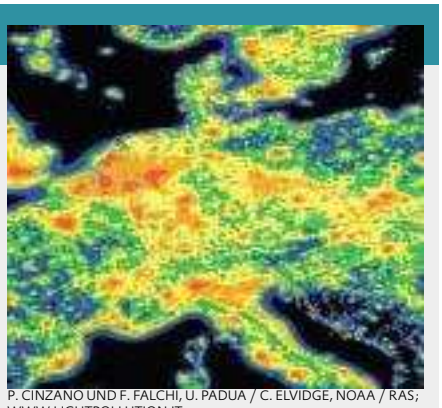
Einige Jahre später kehrte ich für ein Ehemaligentreffen an diesen Ort zurück. Als ich aus meinem Auto stieg, lehnte in meiner Nähe ein anderer Besucher an seinem Fahrzeug und telefonierte mit seinem Handy. Beim Gepäckausladen bekam ich einen Teil seines Gesprächs mit: »Und du solltest den Himmel hier sehen! Hier sind nachts so viele Sterne, du würdest es nicht glauben!«

Wäre es nicht schön, wenn die Menschen das eines Tages nicht mehr nur glauben müssten? Anstatt hunderte Kilometer fahren zu müssen, um den Lichtern der Städte zu entkommen, könnten sie aus ihren Häusern in den Hinterhof treten, um selbst dort einen großartigen, sternenübersäten Himmel zu erleben. <<

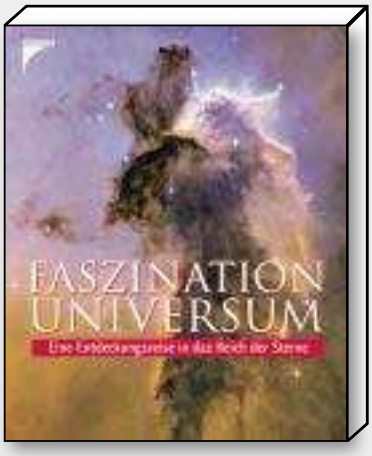
Phil Plait fragt sich, ob die Öffentlichkeit eher etwas gegen Lichtverschmutzung unternehmen würde, wenn von »elektromagnetischer Strahlenverseuchung« die Rede wäre.

Wie hell ist Ihr Himmel?

Indem sie Nachtaufnahmen der Erde mit Landkarten und Bevölkerungsmodellen kombinierte, hat eine Gruppe von italienischen Forschern unter Leitung von Pierantonio Cinzano eine Weltkarte erstellt, die die Helligkeit des Nachthimmels darstellt. Die Karte finden Sie auf seiner Homepage unter www.lightpollution.it. Rote Bereiche markieren die Regionen mit der stärksten Lichtverschmutzung.



P. CINZANO UND F. FALCHI, U. PADUA / C. ELVIDGE, NOAA / RAS; WWW.LIGHTPOLLUTION.IT



Mark Emmerich, Sven Melchert

Faszination Universum
Eine Entdeckungsreise in das Reich der Sterne

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2006
199 Seiten, 163 Farbfotos
ISBN 3-440-10612-8
29,90 €

Die Megastars am Himmel

Ein Grund, sich für Astronomie zu interessieren, sind sicher die schönen Fotos. Welche andere Wissenschaft begeistert schon mit derart fantastischen Aufnahmen? Kein Mikroskopbild von rot oder grün eingefärbten Viren mit pockenförmigen Ausstülpungen kann es mit den mysteriös leuchtenden Fasern des Krebsnebels oder der Farbe des Ringnebels in der Leier aufnehmen. Und so publizieren Verlage seit Jahren mit schöner Regelmäßigkeit neue Bildbände mit bunten Planetarischen Nebeln, Saturns filigraner Ringstruktur oder bonbonförmigen Galaxienklecksen auf schwarzem Himmelsgrund – den Aufnahmen des »Hubble Ultra Deep Field«.

»Faszination Universum« ist ein solcher Bildband. Er umfasst einige der bekanntesten und schönsten Hubble-Aufnahmen sowie Fotos verschiedener erdgestützter Teleskope, von Nasa-Satelliten, Raumsonden aktueller und vergangener Missionen und Bilder der ersten Apollo-Mond-Missionen. Von unserem Sonnensystem bis zu fernen Galaxien und Quasaren reicht das Inventar der darin versammelten Objekte. Ein Überblick führt in das jeweilige Kapitel ein, längere Bildunterschriften erläutern die ganz- und doppelseitigen Highlights der Astrofotografie.

Doch genau diese Bildunterschriften und Texte sind der Schwachpunkt des Buchs. Statt sich in Fachtermini und Details zu ergehen, erläutern die Verfasser die dargestellten Objekte in einer flapsigen, teilweise recht blumigen Sprache. Es ist klar, was sie damit erreichen wollen – Verständlichkeit und Unterhaltung. Die Präzision der Darstellung leidet allerdings darunter. Um Jugendlichen oder Anfängern die Welt der Astronomie zu erläutern, sind die Texte zu kurz und zu wenig systematisch. Für Experten wiederum sind zu wenig Detailinformationen enthalten.

Wer Spaß daran hat, all die faszinierenden Bilder, die er aus ASTRONOMIE HEUTE oder von Nasa-Seiten bereits kennt, in einem Schmöker versammelt zu sehen, quasi als Schatzkästchen der Astrofotografie, dem sei dieses bunte Bilderbuch empfohlen. Wer eine Einführung oder ein Sachbuch sucht, sollte nach Alternativen Ausschau halten.

>> Stephanie Hügler

Planetengeschichten

Dava Sobel

Die Planeten

Berlin Verlag, 2005
256 Seiten mit zahlreichen Abbildungen
ISBN 3-827002672
19,90 €

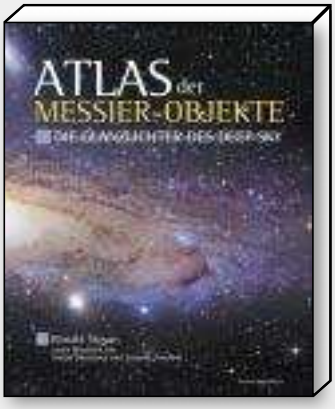
Wissen Sie Bescheid über die Planeten? Merkurs Umlaufperiode? Die chemische Zusammensetzung von Jupiter? Nein? Aber Sie haben keine Lust, wissenschaftliche Publikationen durchzuackern? Dann versuchen Sie es doch einmal auf die amerikanische Art. Dava Sobels »Die Planeten« vermittelt all dieses Wissen – in Form eines Lesebuchs.

Die Autorin erzählt zunächst eine Geschichte, dann erläutert sie – immer anschaulich und leicht verständlich – die wissenschaftlichen Fakten. So schildert sie beispielsweise, wie sie als Achtjährige in einem Schultheaterstück über Planeten einen einsamen Stern spielte, während »Saturn« die Hula-Hoop-Reifen kreisen ließ. Dann folgt Basiswissen zum Thema Sonnensystem. Der geflügelte Götterbote Hermes (alias Merkur), der Zeus und Konsorten als flinker Nachrichtenüberbringer diente, vermittelt dabei die Tatsache, dass der innerste Planet fast doppelt so schnell um die Sonne rast wie die Erde und für jeden Umlauf nur 88 Erdentage braucht. Auch die Kontinentaldrift auf der Erde wird erst dann theoretisch erörtert, wenn Sobel uns auf die Reisen der frühen Kartografen mitgenommen hat.

Die Informationen über die Planeten in diesem Buch sind umfassend und vollständig, aber nicht überladen. Kein Aus- und Abschweifen in die Tiefen der Astronomie. Bei offenen Fragen hilft meist der Anhang weiter. Abstriche gibt es jedoch für die Übersetzung, die größtenteils weder sprachlich noch inhaltlich an die Bedürfnisse der deutschen Leserschaft angepasst wurde.

Die Mottos, unter die die Autorin die einzelnen Kapitel stellt, sind sehr einfallsreich, manchmal aber überraschend fachfremd. Derart eingerahmt, prägen sich Ihnen die astronomischen Informationen ganz von selbst ein.

>> Carolin Konermann



Ronald Stoyan, Stefan Binnewies, Susanne Friedrich
Atlas der Messier-Objekte
Die Glanzlichter des Deep Sky

Oculum-Verlag, Erlangen 2006
368 Seiten, mit über 200 Farbfotos und mehr als 100 Zeichnungen
ISBN 3-938469-07-2
59,90€

Alle rezensierten Bücher, CD-Roms und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Satte Leistung

Charles Messier und sein Katalog mit Deep-Sky-Objekten sind jedem Amateurastronomen ein Begriff. Dementsprechend viel wurde bereits darüber geschrieben. Wozu also noch ein weiteres Buch?

Bisherige Veröffentlichungen stellen die Messier-Objekte kurz vor und zitieren dabei meist alle Burnham's Celestial Handbook aus den 1970er Jahren. Der Atlas aus dem Oculus-Verlag leistet allerdings viel mehr.

Von jedem Objekt gibt es nicht nur erstklassige Fotografien und Katalogdaten, sondern auch ausführliche Texte zu Geschichte, Astrophysik und Beobachtung. Wer historisch interessiert ist, findet neben den Beschreibungen des ursprünglichen Katalogs auch eine ausführliche Biografie von Messier und Informationen über seine zeitgenössischen Mitstreiter.

Für den Bereich Astrophysik haben die drei Autoren die wissenschaftliche Literatur nach aktuellen Informationen zu allen Messier-Objekten durchgeforstet, sodass man hier die zurzeit wohl umfassendste Beschreibung findet. Die Darstellungen zeigen, was ein erfahrener Beobachter unter guten Bedingungen erkennen kann. Aber auch Einsteiger erhalten wertvolle Hinweise, auf welche Strukturen sie besonders achten müssen. Ein separates Kapitel gibt außerdem wertvolle Tipps zu Beobachtung und Fotografie. Lediglich Aufsuchkarten fehlen – für taufeuchte Beobachtungsnächte ist das Buch aber ohnehin viel zu schade.

Ist noch ein weiteres Messier-Buch nötig? Nach diesem Werk wohl nicht mehr, denn es enthält alles Nötige in ansprechender Form. >> Alexander Kerste

Samstag, 17. Juni

Thema: Space Millennium 2
PHOENIX, ab 14.45 Uhr
Die Wiege des Universums (1/4)
Wenn ein Stern stirbt, verteilen sich feiner Staub und Gas im Weltraum – und setzen sich später wieder zu neuen Sternen zusammen

Die Suche nach einer neuen Erde (2/4)
Gibt es in menschlicher Reichweite Planeten, die möglicherweise bewohnbar sind?

Schwarze Löcher – Das Ende der Galaxien (3/4)
Sie saugen Materie ein, obwohl es sie selbst eigentlich gar nicht geben dürfte: Die Existenz von Schwarzen Löchern im Weltall ist bewiesen, aber noch längst nicht verstanden

Das Schicksal des Universums (4/4)
Sollte die Urknalltheorie wahr sein und das Universum einen Anfang haben, müsste es endlich sein. Es gibt aber auch andere Thesen, die von einem zyklischen Lebensrhythmus ausgehen

Flucht von der Erde
Was bisher als Sciencefiction galt, könnte tatsächlich irgendwann Wirklichkeit werden. Die moderne Wissenschaft bereitet schon heute eine mögliche Besiedlung fremder Planeten durch Menschen vor
XXP, 15.35 Uhr

Sonntag, 18. Juni

hitec: Nanotechnologie
Visionen von gestern, Realität von morgen? Ein Nanometer sind 10^{-9} Meter beziehungsweise ein milliardstel Meter. Forschung in diesen Dimensionen birgt Stoff für Träume
3sat, 16.00 Uhr

Montag, 19. Juni

SPIEGEL TV Extra
Count-down im Kosmos – eine Abenteuerreise zur Sonnenfinsternis
Mit Teleskopen, Ferngläsern und Fotoapparaten warten 120 deutsche Hobbyastronomen in der ägyptischen Wüste auf die Sonnenfinsternis
XXP, 16.35 Uhr

ZDF / ESA

Samstag, 24. Juni

Perlen des Nordens (2)
Von Spurensuchern und Sternenfängern
Ein Porträt von Thomas Reiter, der ein halbes Jahr im Weltraum war
NDR, 16.30 Uhr

Star Wars – Ein Blick in die Zukunft: Das Laserschwert des Darth Vader
Vor rund dreißig Jahren kamen die ersten Star-Wars-Filme ins Kino und schrieben Filmgeschichte. Einige der Sciencefiction-Ideen sind mittlerweile Realität geworden
Discovery Channel, 22.05 Uhr
Wdh. am 25.6. um 4.40 und 8.20 Uhr

Sonntag, 25. Juni

Planet Wissen: Sonnensystem
Anfang der 1960er Jahre starteten die ersten Raumsonden, keine zehn Jahre später später landeten Menschen auf dem Mond. Doch bis heute blieben viele Fragen über unser Sonnensystem unbeantwortet
hessen fernsehen, 6.30 Uhr

Mittwoch, 28. Juni

Abenteuer Wissen
Der lange Weg zum Mars
Kürzlich erreichte eine unbemannte Sonde der Nasa den Roten Planeten. Der Auftrag: das Auskundschaften eines möglichen Landeplatzes für den ersten bemannten Flug zum Mars
ZDF, 22.15 Uhr

Montag, 3. Juli

National Geographic: Sea Launch
»Sea Launch« ist ein Weltraumbahnhof mitten im Pazifik. Die Sendung zeigt, wie russische Raketentechnik, norwegischer Schiffsbau und amerikanische Satellitentechnik kombiniert wurden, um eine Raketenbasis auf dem Ozean zu errichten
NTV, 20.10 Uhr

Donnerstag, 13. Juli

Wunderbare Welt: Sternstunden – Das Schicksal des Universums
Wenn die Forscher richtig liegen, hat das Universum einen Anfang und ein Ende. Und die Hälfte seiner Zeit hinter sich
ZDF, 14.15 Uhr

KNOBELEIEN

Unser original Rubik's-Cube im Spektrum-Design hat nicht nur sechs unterschiedliche Seiten – diese müssen auch noch in sich stimmig sein, da sie jeweils ein wissenschaftliches Motiv tragen. Der Cube besitzt eine Kantenlänge von 5,7 cm und kostet € 14,90 zzgl. Versand. Zu beziehen über den Beihefter oder :

www.spektrum.de/lesershop

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

EVENTS

1.7.–2.7.: Meade Instruments Europe lädt ein zum Astrotag in Kassel. Im Mövenpick Hotel Kassel, Spohrstraße 4 (Kurfürstengalerie), jeweils zwischen 10.00 und 18.00 Uhr. Erleben Sie alle neuen Produkte und Zubehörteile aus dem Hause Meade und sprechen Sie vor Ort mit den Experten. Rückfragen unter: Tel.: 02872 8074150

16.7.–5.8.: 42. International Astronomical Youth Camp (IAYC). Ort: Temesek, Tschechische Republik. Veranstalter: IAYC Workshop Astronomy e. V.; Info: Klaas Vantournhout, Eninkstraat 21, B-8210 Loppem, Tel.: +32 50 824140, E-Mail: info@iayc.org

22.7.–29.7.: 7. Internationale Astronomiewoche Arosa; Wissenschaftler berichten von aktuellen Entwicklungen in der Astronomie und Kosmologie. Am Abend finden Himmelsbeobachtungen auf 2000 beziehungsweise 2700 Meter Höhe statt. Teilnehmende sind eingeladen, ihre eigenen Instrumente mitzubringen. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Graubünden AGG, eine Sektion der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG. Weitere Informationen finden Sie unter: www.astro.arosa.ch

22.7.–5.8.: 7. Astronomisches Sommerlager (ASL) der Vega (VdS) für 14- bis 25-Jährige. Info und Anmeldung: Susanne M. Hoffmann, Vega c/o Archenhold-Sternwarte, Alt-Treptow 1, D-12435 Berlin, Tel.: 0173 6483418. E-Mail: service@vega-astro.de, Internet: www.vega-astro.de/sommerlager

10.8.: Sternennacht in Wüstenrot der Robert-Mayer-Sternwarte Heilbronn ab 21.00 Uhr. Die Perseiden-Sternschnuppen können fern der Lichter der Stadt beobachtet werden. Eintritt frei. Nähere Infos: Robert-Mayer-Volks- und Schulsternwarte Heilbronn e. V., Bismarckstr. 10, D-74072 Heilbronn, Tel.: 07131 81299, Internet: www.sternwarte.org

16.8.–20.8.: 4. Amateur-Teleskoptreffen Burgwald (ATB). Ort: Hertingshausen, Landkreis Marburg/Biedenkopf. Veranstalter: Astronomie-Gruppe Lahn/Eder e. V. Info und Anmeldung: Manfred Velte, E-Mail: astronomie@onlinehome.de, Internet: www.astronomie-lahn-eder.de

25.8.–27.8. Esop XXV. Ort: Leiden, Niederlande. Veranstalter: Iota/ES, Fachgruppe Sternbedeckungen Information: www.doa-site.nl und www.iota-es.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die September-Ausgabe schicken Sie bis zum 14. Juli 2006 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

1. Internationale Astronomie-Messe

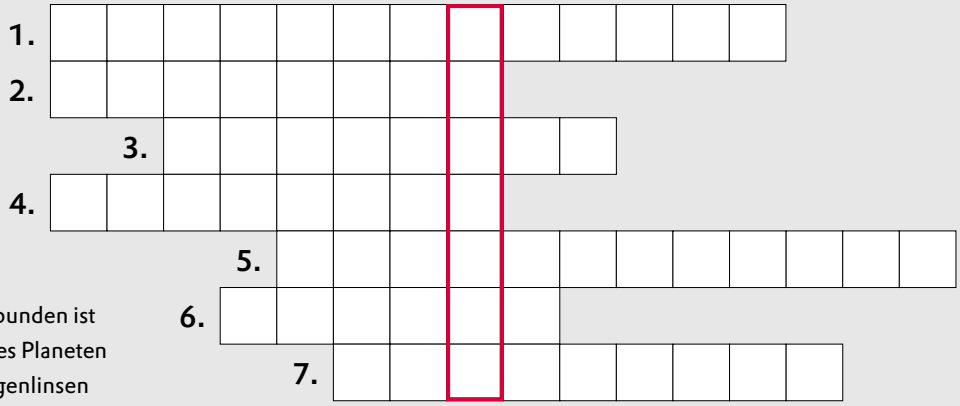
- **Große Teleskopausstellung**
  Teilnahme zahlreicher Händler und Hersteller
- **Ernst Abbe, Carl Zeiss Jena**
  Einzigartige Ausstellung auf über 100 qm: Nur auf der AME2006
- **Verlosung**
  Gewinnen Sie ein Wochenende in einem Luxushotel, Buchpreise u.v.m.
- **Messe-Flyer**
  Fordern Sie den Flyer unter Tel. 0741 2706210 an oder zum Download als PDF (160 kB) unter www.astro-messe.de

- **Wann / Wo?**
  16. September 2006, Messegelände 78054 VS-Schwenningen, 6000 kostenlose Parkplätze, 10 Gehminuten vom Bahnhof

www.astro-messe.de
info@astro-messe.de

Gewinnen Sie mit ASTRONOMIE HEUTE ein 105-Millimeter-Teleskop! Teil 1

1. Struktur, die bei Mondkrater Tycho besonders ausgeprägt ist
2. Französischer Theologe des 18. Jahrhunderts, der sich der Mathematik und Astronomie zuwandte
3. Entdecker des Pluto
4. Stufenpyramide, von der aus babylonische Priester wahrscheinlich auch den Himmel beobachteten
5. Bezeichnung für ein Sternsystem, das meist an ein anderes, größeres gebunden ist
6. Gegenläufiger Mond, der größte seines Planeten
7. Fachbegriff für ein Gerät mit zwei Augenlinsen



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 7-8/2006, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 28. 7. 2006. Erster Teil einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird nachfolgend für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»ETX 105«) benötigt. Unter den Einsendern der Einzellösung werden weitere Sachpreise gezogen, siehe unten. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner stehen in der Oktober-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 14. September 2006.

Hauptpreis des Superrätsels: »ETX 105«

Vier-Zoll-Reflektor von Meade, www.meade.de.

Katadioptrisches Spiegelteleskop der Bauart Maksutow-Cassegrain. Optik UHTC-vergütet. Brennweitenverhältnis f/14. Inklusive Go-to-Computermontierung und Stativ. Gesamtwert zirka 1000 €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben Juli/August, September, Oktober und November 2006

1.–3. Preis:

»Von den Sternen zu den Galaxien«, herausgegeben von Volker Kasten. Autoren unserer Schwesterzeitschrift Sterne und Weltraum geben Antworten auf die Fragen: Was sind Sterne? Was bringt sie zum Leuchten und wie entstehen sie? Und was kann man über Anfang und Ende des Universums aus den Sternen lesen? 223 Seiten mit 200 meist farbigen Abbildungen. Höhe: 24,5 Zentimeter. Spektrum Akademischer Verlag (SAV, unter www.elsevier.de). Wert: 24,50 €

Lösung des Preisrätsels im Mai-Heft:

		H	A	B	I	T	A	B	E	L
	G	A	S	T	S	T	E	R	N	
D	E	S	C	A	R	T	E	S		
			C	O	N	T	A	C	T	
	D	A	N	J	O	N	-	G	R	E	N	Z	E
		M	A	T	H	E	M	A	T	I	K	
	L	A	S	S	W	I	T	Z					

LÖSUNG:

Atacama: die trockenste Wüste der Welt. Im Norden Chiles gelegen, ist sie Standort mehrerer Observatorien

Gewinner des Mairätsels:

1. Paul Lück, Salzhausen (DVD »E = mc²«); 2. Günter Reinhardt, Leonberg (Atlas der Sternbilder); 3. Jürgen Fährmann, Chemnitz (Memory »Brain Twister – Space«)

Der Marktplatz rund um die Astronomie Hier finden Sie interessante Angebote, die Ihr Hobby noch spannender machen. Sie wollen hier Ihre Produkte anbieten? Setzen Sie sich mit uns in Verbindung – wir beraten Sie gerne! Erkundigen Sie sich auch nach den günstigen Preisen für eine Kombination von Anzeigen in ASTRONOMIE HEUTE und Sterne und Weltraum!

Besuchen Sie die Astro-Messe AME 2006: www.astro-messe.de

Mehr Informationen

Karin Schmidt
E-Mail: schmidt@spektrum.com

Private Kleinanzeigen

... mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,–€. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Rechnung oder dem Adressträgerblatt.

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise:

bis zu drei Zeilen	22,–€
jede weitere Zeile	5,–€

Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer des jeweiligen Hefts.

Celestron NexStar 5i Computer-Teleskop neuwertig, wenig benutzt, mit Zubehör 1250,–€VB. Baader-Hartholzstativ f. 5i: 350,–€VB. Neuwertig an Selbstabholer. Tel.: 06152 83812, E-Mail: themisto@gmx.de

Gegengewichtsstange für G11-Montierung. Preis: 45,–€zzgl. 5,90€Versand innerhalb Deutschlands. E-Mail: hyakutake@freenet.de

Astroausrüstung Vixen Newton R 114S/900 mm mit New Polaris mit Gebrauchsspuren Baujahr 1993, aber sehr gute Optik! Und eigens gebaute Transportkiste aus Holz: 300,–€VB. Celestron Advanced Astromaster gebraucht, Baujahr 2000, leicht modifiziert mit Stromkabel: 300,–€VB. Celestron RA-DE Motoren mit Originalsteuerung, Baujahr 2000, CI700 Losmandy: 300,–€VB. Selbstbau-Newton, 8-Zoll-f/7,4-Spiegel selbst geschliffen, Teleskop auf Rockerbox, Baujahr 2002: 300,–€VB. E-Mail: Boehm-Regenstauf@t-online.de oder http://astronomie-boehm.homepage.t-online.de

LX 90LNT 8 Zoll – absolut neuwertig für 2000,–€abzugeben. E-Mail: Freezer-81@web.de

Acht Super-Plössl-Okulare (6,4 bis 40 Millimeter) der Meade-Serie 4000 im dazugehörigen Originalkoffer. Gut gepflegt, leichte Klemmspuren. NP 560,–€/VB 330,–€. E-Mail: pet.thiel@web.de; Tel.: 089 7607422

Meade Starfinder Dobson Verkaufe 16-Zoll-Meade-Dobson inkl. 26- und 9,7-Millimeter-Plössl, Brennw. 1830 Millimeter f/4,5, Crayford-Okularauszug. Preis 1800,–€VB, Werner Prendel, E-Mail: wprendel@aol.com

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft, Redaktion ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5, D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Wetter-Einmaleins

Mit ein paar Grundkenntnissen und hilfreichen Internetseiten können Sie früh abschätzen, ob sich ein Beobachtungsausflug lohnt

NIGHT SKY, ALAN DYER, C. M. UTTER

ARCHIV A S & T

45 Jahre Menschen im All

Die Sowjetunion brachte 1961 den ersten Raumfahrer in die Umlaufbahn und entschied somit den Wettlauf mit den USA zu ihren Gunsten

Der Name ist Programm

»Starry Night« ist eine kommerzielle Planetariumssoftware für Windows und Mac OS X. Sie glänzt durch eine realistische Himmelsdarstellung

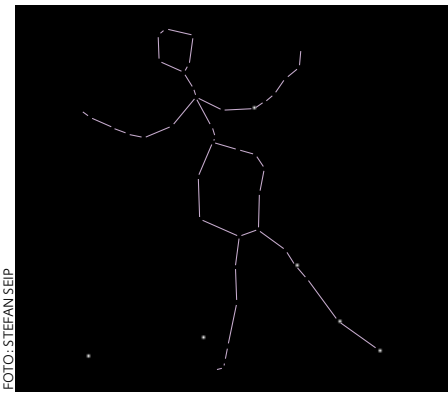


FOTO: STEFAN SEIP

Sternbild Schwarzenegger?

Außer den bekannten Konstellationen gibt es noch viele neue Muster zu entdecken wie das »Muskelmännchen« unweit von h & χ Persei

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Stephanie Hügler, Corinna Karow, Alexander Kerste, Carolin Konermann, Dr. Monika Maintz, Dr. Rainer Riemann
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751 Amtsgericht Heidelberg, HRB 338114
Vertrieb und Abonnementverwaltung: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, D-70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: New Track Media LLC, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D.; VP of Marketing & Business Development: Marcy L. McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.